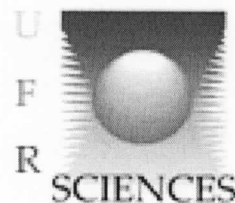


Cirad-Département EMVT  
Campus de Baillarguet  
TA 30  
34398 MONTPELLIER Cedex 5



Université Montpellier II  
UFR Sciences  
Place Eugène Bataillon  
34 095 MONTPELLIER Cedex 5

**MASTER 2EME ANNEE  
BIOLOGIE GEOSCIENCES AGRORESSOURCES  
ET ENVIRONNEMENT SPECIALITE  
PRODUCTIONS ANIMALES EN REGIONS CHAUDES**

---

**SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

**L'APPRECIATION DU RISQUE EN SANTE ANIMALE**

Par

Marie-Marie OLIVE

Année universitaire 2006-2007

OLIVE M-M, 2007. L'appréciation du risque en santé animale. Cirad/Université Montpellier II.  
Année 2006-2007, 33p. (Synthèse bibliographique Master 2 PARC)

## Sommaire

<b>Résumé.....</b>	<b>3</b>
<b>Introduction.....</b>	<b>4</b>
<b>I – Généralités sur l'analyse de risque .....</b>	<b>4</b>
I.1- Domaines d'utilisation de l'analyse de risque .....	4
I.2 L'analyse de risque utilisé en épidémiologie .....	4
I.2.1- Utilisation de l'analyse de risque dans le cadre des échanges internationaux : les bases internationales.....	4
I.2.2- Définition de l'analyse de risque en épidémiologie .....	5
I.2.3 – Les étapes de l'analyse de risque .....	5
I.2.3.1- Identification du danger (hazard identification) .....	5
I.2.3.2- Appréciation du risque (risk assessment) .....	6
I.2.3.3- La gestion du risque (risk management).....	6
I.2.3.4- La communication du risque (risk communication).....	6
I. 2. 4 – L'appréciation du risque .....	7
I.2.4.1- L'appréciation de l'émission.....	7
I.2.4.2- L'appréciation de l'exposition.....	7
I.2.4.3- L'appréciation des conséquences .....	7
I.2.5 –Appréciation qualitative et quantitative .....	8
I.2.5 .1- Appréciation qualitative du risque.....	8
I.2.5.2- Appréciation quantitative du risque.....	8
I.2.6- Réflexion préalables à la mise en place d'une appréciation .....	10
<b>II – Les méthodes d'appréciation du risque en santé animale .....</b>	<b>11</b>
II.1- Appréciation du risque dans le cadre des importations.....	11
II.1.1- L'analyse de risque et le code sanitaire des animaux terrestres de l'OIE .....	11
II.1.2- Comparaison des méthodes d'appréciation des risque aux importations : exemple de l'Australie, la Nouvelle-Zélande .....	12
II.2- Les appréciations du risque en santé animale .....	12
II.2.1- Appréciations qualitatives du risque .....	12
II.2.1.1-Appréciation du risque de transmission des pathologies animales à l'homme .....	12
II.2.1.2- Appréciation du risque d'introduction .....	13
II.2.1.3- Appréciation du risque pour les maladies vectorielles.....	18
II. 2.2.1- appréciation des introductions.....	21
II. 2.2.2- Appréciation de la transmission via l'environnement.....	22
II.2.2.3- Appréciation de la transmission par l'intermédiaire de matériel biologique .	23
II.2.2.4- Appréciation de la transmission via la faune sauvage.....	24
<b>III- Discussion .....</b>	<b>25</b>
III.1- Comparaison appréciation qualitative et quantitative.....	25
III.2- L'appréciation de risque : un outil pour la gestion des maladies animales .....	25
III. 3- La spatialisation et la temporalisation du risque .....	26
<b>Conclusion.....</b>	<b>26</b>
<b>Références.....</b>	<b>27</b>

## Liste des Tableaux et des Figures

<b>Figure 1 :</b> Les composantes de l'analyse de risque.....	5
<b>Figure 2 :</b> Les étapes de l'appréciation du risque.....	6
<b>Figure 3 :</b> Exemple d'arbre de probabilité illustrant la séquence d'évènements aboutissant à l'introduction de volailles infectées par une pathogène X lors une activité d'importation....	10
<b>Figure 4 :</b> Modélisation du risque d'introduction des virus influenzas aviaires par l'intermédiaire des oiseaux sauvages.....	15
<b>Figure 5 :</b> Identifications des voies d'introduction de la peste porcine classique en Union Européenne.....	16
<b>Figure 6 :</b> Les voies d'émission de la fièvre en aphteuse en UE et le type de données requises (par voies) pour l'apprécier.....	17
<b>Figure 7 :</b> Les voies d'introduction du virus de la Fièvre de la Vallée du Rift UE et le type de données requises .....	19
<b>Tableau 1 :</b> Probabilité moyenne d'importer un ou plusieurs animaux infectés par un virus de la bluetongue aux Etats-Unis et en Californie dans une année .....	21

## Liste des encadrés

<b>Encadré 1 :</b> Comparaison entre les méthodes d'analyses de risques de l'OIE et du Codex Alimentarius.....	7
<b>Encadré 2 :</b> Principe de la simulation de Monte Carlo.....	9
<b>Encadré 3 :</b> Exemple d'appréciation semi-quantitative.....	20

## Résumé

Dans un contexte d'émergence de certaines maladies animales l'analyse de risque trouve toute son utilité. En effet, en épidémiologie c'est un outil de compréhension des risques. Cette méthode a pour but de modéliser le risque et aide ainsi à la compréhension des mécanismes aboutissant à l'apparition du risque. En santé animale, ce risque peut être l'introduction, la dissémination ou la transmission d'une maladie.

Pour les gestionnaires des risques l'analyse de risque est un outil d'aide à la décision.

L'analyse de risque est constituée de plusieurs étapes : l'identification du danger, l'appréciation du risque, la gestion du risque et la communication du risque. C'est lors de l'étape d'appréciation du risque que le risque est modélisé. Elle consiste à décrire et traduire en probabilité le risque. Cette probabilité peut être déterminée soit qualitativement soit quantitativement.

Le document s'attache à présenter les principes généraux de l'analyse de risque et à rassembler les appréciations du risque faites en santé animale. Des études faites dans le cadre des importations d'animaux et de produits d'origines animales, des rapports ainsi que des publications scientifiques sont présentées et classées par les questions spécifiques auxquelles chaque étude veut répondre (introduction, transmission...). Et ceci dans le but de caractériser les démarches utilisées.



## **Introduction**

Dans un contexte d'émergence de certaines maladies animales, on se préoccupe de plus en plus des risques qu'elles peuvent provoquer. En effet, d'une part car certaines de maladies animales constituent un risque très préoccupant pour la santé humaine, c'est ce que l'on constate actuellement avec le virus H5N1 de la grippe aviaire et la crainte d'une pandémie. Et d'autre part, car elles peuvent provoquer des conséquences économiques importants notamment lorsqu'un pays touché par une maladie ne peut plus accéder au marché internationale.

L'analyse de risque constitue un bon outil de modélisation permettant d'anticiper les risques d'introductions, de dissémination ou de transmission des pathologies animales et ainsi mettre en place des mesures de gestion appropriées. L'appréciation du risque est une étape de l'analyse de risque, elle permet de traduire en probabilité soit qualitative soit quantitative les risques. Son utilisation est préconisée par l'Organisation Mondiale de la Santé Animale (OIE) dans le cas des échanges internationaux d'animaux et de produits d'origine animale. Mais elle sert également à la compréhension des mécanismes aboutissant à l'apparition d'un risque. C'est donc un outil de choix en épidémiologie, elle permettra ainsi de modéliser, comprendre les risques et ceci dans le but de mettre en place de stratégies de surveillance et lutte contre les maladies animales.

Dans ce document, nous présenterons les principes généraux de l'analyse de risque en s'attardant sur le sujet qui nous concerne : l'appréciation du risque. Dans une seconde partie, nous traiterons des appréciations du risque en santé animale et des démarches appliquées pour les mettre en place. Nous terminerons par discuter de certains concepts de l'analyse de risque.

## **I – Généralités sur l'analyse de risque**

### **I.1- Domaines d'utilisation de l'analyse de risque**

L'analyse de risque est utilisée dans de nombreux domaines, tels que: le clonage la microbiologie, la santé humaine, la santé animale, les échanges internationaux, l'écologie, la prévention contre les feux...

### **I.2 L'analyse de risque utilisé en épidémiologie**

En épidémiologie, l'analyse de risque est un outil de plus en plus utilisé. Deux organisations proposent des méthodes pour mettre en place une analyse de risque :

- Modèle du Code sanitaire pour les animaux terrestres de l'Organisation mondiale de la Santé Animale (OIE, 2006)
- Modèle du Codex Alimentarius (FAO/OMS) élaboré pour l'hygiène alimentaire (Codex Alimentarius, 1999)

De nombreuses études relatives à la sécurité alimentaire existent. Dans ce document nous n'évoquerons pas ce type d'analyse de risque mais seulement celles relatives à la santé animale. Les analyses de risque en santé animale se basent le plus souvent sur le code de l'OIE, nous développerons ce modèle plus loin dans le document.

#### **I.2.1- Utilisation de l'analyse de risque dans le cadre des échanges internationaux : les bases internationales**

L'analyse de risque est utilisée dans le cadre des échanges internationaux et des maladies transfrontalières (Rogy C., 2002). C'est un moyen pour les pays de refuser l'entrée d'animaux ou de produits d'origine animale en se basant sur des justifications sanitaires. En

effet, l'OMC interdit les barrières douanières aux échanges. L'Accord sur l'application des mesures sanitaires et phytosanitaires (Accord SPS, Marrakech, 1994) ont pour but de limiter ces entraves. Il incite ses membres à mettre en place des mesures sanitaires en suivant les normes et les recommandations internationales. Si le pays décide d'adopter d'autres mesures avec un niveau de protection supérieur il doit justifier de ces mesures scientifiquement sur la base d'une analyse de risque. Les analyses de risque relatives aux importations d'animaux et de produits d'origine animales se basent sur le modèle de l'OIE.

### **I.2.2- Définition de l'analyse de risque en épidémiologie**

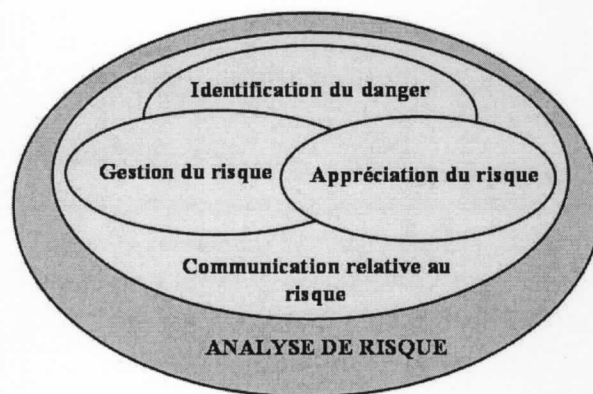
En épidémiologie, l'analyse de risque est un outil d'aide à la décision qui permet d'identifier un danger, d'apprécier le risque relatif à ce danger afin de pouvoir le gérer et communiquer à son sujet. Pour les scientifiques, c'est une méthode de modélisation, de compréhension et d'appréciation des événements pouvant aboutir à l'apparition du risque. Pour les gestionnaires, c'est un outil d'aide à la décision.

Elle permet « d'organiser les informations disponibles sur un événement potentiel donné, de les traduire en probabilités en tenant compte d'hypothèses, de la variabilité et de l'incertitude, et d'en déduire logiquement des décisions » (Toma B. *et al*, 2002).

Le risque peut être défini comme la « probabilité de la survenue d'un danger, combinée à l'importance de ses conséquences indésirables » (Toma B. *et al*, 2002). Cette définition fait apparaître deux composantes importantes: la fréquence d'occurrence du danger et l'importance des conséquences de sa survenue (Ahl *et al*. 1993).

### **I.2.3 – Les étapes de l'analyse de risque**

Dans le modèle du Code sanitaire des animaux terrestres de l'OIE, l'analyse de risque est constituée de quatre composantes (figure 1): 1) l'identification du danger; 2) l'appréciation du risque; 3) la gestion du risque qui se base sur les résultats de l'appréciation et enfin la communication relative au risque qui s'effectue tout au long de la démarche.



**Figure 1** : Les composantes de l'analyse de risque (d'après le Code de l'OIE)

#### ***I.2.3.1- Identification du danger (hazard identification)***

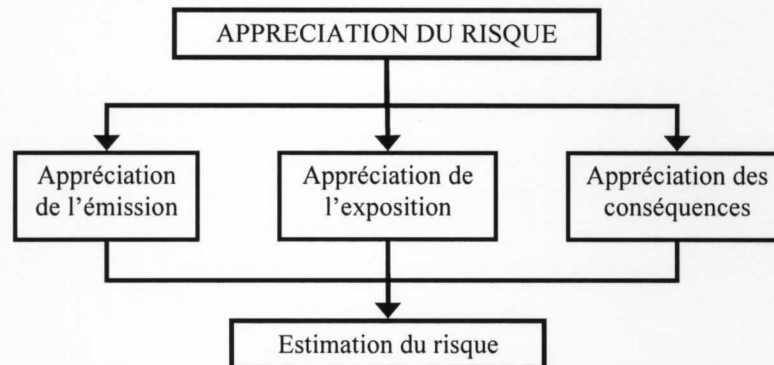
Cette première étape permet de caractériser le ou les dangers associés au risque.

D'après le Codex Alimentarius (1999), le danger est défini comme "tout agent biologique (virus de la grippe aviaire H5N1, virus de la fièvre aphteuse, bactérie : *Brucella abortus bovis*...), chimique (colorants alimentaires, la dioxine...) ou physique (particules...) pouvant avoir un effet néfaste sur la santé". En santé animale, le danger pourra être l'agent pathogène responsable de la maladie ou la maladie elle-même (Toma B. *et al*, 2002).

Après avoir identifié le ou les dangers associés au risque, la Code de l'OIE préconise d'apprécier le risque relatif à ce ou ces dangers : c'est l'étape d'appréciation du risque

#### ***1.2.3.2- Appréciation du risque (risk assessment)***

L'appréciation du risque se divise en plusieurs parties : l'appréciation de l'émission, l'appréciation de l'exposition, l'appréciation des conséquences. Ces trois premières étapes sont intégrées dans une estimation du risque.



**Figure 2** : Les étapes de l'appréciation du risque

Les étapes de l'appréciation du risque seront détaillées plus loin.

#### ***1.2.3.3- La gestion du risque (risk management)***

La gestion du risque consiste en un « processus d'identification, de sélection et de mise en œuvre de mesures permettant de réduire le risque » (Toma B. *et al*, 2002). La gestion du risque est basée sur les résultats de l'appréciation du risque. Elle est constituée entre autre d'une étape d'évaluation du risque où l'on compare le risque estimé à un niveau de risque jugé acceptable. Ce qui consiste en une comparaison coûts/bénéfices. Cette étape permet d'accepter ou de refuser le risque encouru (introduction et diffusion du danger) dans un lieu donné. Dans le cadre d'importation, elle permet de comparer le risque lié à l'importation d'animaux et/ou de produits d'origine animale (risque estimé) aux avantages que procure cette activité d'importation. Le niveau de risque acceptable, est déterminé en tenant compte de données épidémiologiques, économiques, sociales et culturelles. Les étapes qui suivent sont la mise en œuvre de mesures permettant de réduire et contrôler le risque. Ces mesures sont ensuite évaluées ainsi que de leurs applications.

#### ***1.2.3.4- La communication du risque (risk communication)***

La communication du risque correspond à un échange d'informations et d'opinions concernant le risque, entre toutes les personnes (les scientifiques, les décideurs, le public...) intéressées par l'analyse de risque, lors de l'identification du danger, l'appréciation du risque et sa gestion (Toma B. *et al*, 2002).

Ce document s'attache à rassembler les études qui ont été faites en appréciation du risque en santé animale, dans le but de faire un catalogue des démarches utilisées. C'est pourquoi, les autres étapes de l'analyse de risque tels que : la gestion et la communication ne seront pas développées.

## I. 2. 4 – L'appréciation du risque

### I.2.4.1- L'appréciation de l'émission

L'appréciation de l'émission correspond à la description et à la quantification et/ou la qualification de la séquence d'événements nécessaires pour qu'une activité soit à l'origine de l'introduction ou de la résurgence du danger dans un milieu donné. L'appréciation de l'émission consistera donc à décrire la probabilité d'introduction ou de résurgence du danger (Toma B. *et al.*, 2002).

### I.2.4.2- L'appréciation de l'exposition

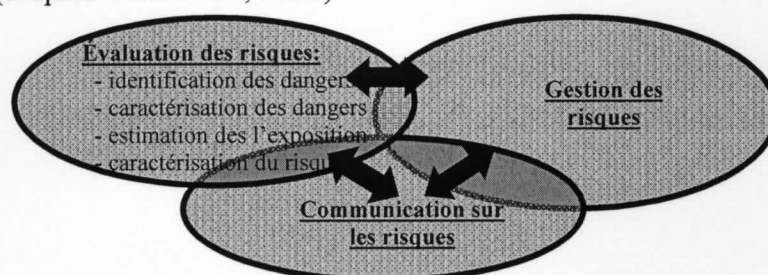
L'appréciation de l'exposition correspond à la description et à la quantification et/ou qualification de la séquence d'événements qui amèneraient à l'exposition des êtres vivants et de l'environnement au danger qui a pu être diffusé à partir d'une source donnée. L'appréciation de l'exposition consistera donc à décrire la probabilité d'exposition des êtres vivants et de l'environnement au danger (Toma B. *et al.*, 2002).

### I.2.4.3- L'appréciation des conséquences

L'appréciation des conséquences conduit à une description et éventuellement une quantification des effets néfastes (conséquences économiques, sanitaires et sociales), associés à l'agent pathogène. Il s'agira d'apprécier les conséquences économiques, les conséquences sur la santé humaine, c'est-à-dire apprécier les coûts directs et indirects qui résulteraient de la présence du danger dans un milieu donné (Toma B. *et al.*, 2002).

Même si en santé animale c'est le modèle de l'OIE qui est essentiellement utilisé, certaines études se basent sur celui du Codex Alimentarius. La coexistence de ces deux modèles peut donc constituer des difficultés. Il est donc intéressant de connaître la correspondance entre les deux modèles. L'encadré 1 présente les étapes de l'analyse de risque selon le modèle du Codex Alimentarius et une comparaison des deux modèles établie par Vose *et al.* en 2001.

**Encadré 1 :** Comparaison entre les méthodes d'analyse de risque de l'OIE et du Codex Alimentarius (d'après Vose *et al.*, 2001)



Les étapes de l'analyse de risque selon le Codex Alimentarius

Correspondance entre les termes du Codex Alimentarius et ceux de l'OIE pour l'appréciation du risque (Vose *et al.*, 2001)

Codex Alimentarius	OIE
Identification du danger	
Caractérisation du danger	Appréciation des conséquences
Appréciation de l'exposition	Appréciation de l'émission Appréciation de l'exposition
Caractérisation du risque	Estimation du risque



### **I.2.5 –Appréciation qualitative et quantitative**

Une analyse de risque peut se conduire selon une approche qualitative ou une approche quantitative. Dans une analyse qualitative on associe au risque un adjectif alors dans une analyse quantitative on donne une valeur ou une distribution de probabilité au risque.

#### ***I.2.5.1- Appréciation qualitative du risque***

Zepeda en 1998, (cité par Dufour B. et Pouillot R., 2002) a proposé une méthode d'appréciation qualitative du risque. Afin d'argumenter le choix des adjectifs permettant de qualifier le risque d'émission, d'exposition ou des conséquences, il préconise l'utilisation de différents paramètres pour chacune des étapes de l'appréciation du risque. Ces paramètres sont eux-mêmes qualifiés séparément grâce à toutes les informations disponibles sur ces derniers. Chacun des paramètres doivent être qualifiés par les adjectifs suivants :

- négligeable : la survenue de l'événement ne serait possible que dans des circonstances exceptionnelles ;
- faible : la survenue de l'événement est peu élevée, mais possible dans certaines circonstances ;
- modérée : la survenue de l'événement est nettement possible ;
- élevée : la probabilité de survenue de l'événement est grande.

La combinaison des paramètres permet alors de qualifier le risque de chacune des étapes de l'appréciation. Cette combinaison se base sur le tableau présenté (Annexe1). Les appréciations de l'émission et de l'exposition finalement qualifiées, leur combinaison permet d'apprécier la survenue du danger. Puis, combiné aux conséquences on estime le risque.

Par la suite, un rapport de l'Agence Française pour la sécurité sanitaire des Aliments (AFSSA, 2004) sur l'évaluation des risques pour la santé publique de la fièvre Q, a ajouté aux travaux de Zepeda (1998) le qualificatif du risque « nul » et des intervalles, par exemple « négligeable à faible ». De plus, le rapport présente un nouveau tableau de combinaison afin de tenir compte de l'imprécision de certaines données et du fait que la combinaison de deux probabilités conduit à une probabilité plus faible que celles qui ont été combinées<sup>1</sup> (ce qui n'était pas illustrés dans le tableau établi par Zepeda en 1998). L'annexe 2 présente donc ce nouveau tableau de combinaison de probabilité.

#### ***I.2.5.2- Appréciation quantitative du risque***

L'appréciation quantitative peut se faire de deux manières (Toma B., 2002) :

- selon une approche déterministe : on associe alors une valeur ponctuelle au risque ;
- selon une approche probabiliste ou stochastique : on utilise dans ce cas des lois de distribution conduisant à un lois de probabilité du risque

Le calcul de probabilité et la construction d'arbres de probabilité sont nécessaires à la mise en place d'appréciation quantitative.

Comme pour faire une appréciation quantitative certaines informations sont indispensables. Par exemple dans le cas d'une appréciation de l'émission, les informations nécessaires sont : les informations d'épidémiologie descriptive (incidence, prévalence des maladies...), d'épidémiologie analytique (réservoirs sauvages, maladies vectorielles...), et des informations d'ordre prophylactique (sensibilité et spécificité des tests, efficacité des mesures de prophylaxie...) et des informations sur les produits introduits (nombre, fréquence d'importation...) (Toma B., 2002). On comprend aisément que la qualité de l'appréciation quantitative dépend de la qualité des informations disponibles.

---

<sup>1</sup> Une probabilité de  $10^{-1}$  multipliée à une autre probabilité de  $10^{-1}$  donne une probabilité de  $10^{-2}$ . Il est donc logique qu'une appréciation faible combinée à une autre qualifiée également de faible donne une appréciation inférieure à « faible ». Ce type d'estimation même si on est en qualitatif est plus rigoureux.

### ***1.2.5.2.1- Approche déterministe***

Dans une approche déterministe la valeur ponctuelle donnée au risque peut être une probabilité moyenne ou une fourchette donnant une probabilité minimale et une probabilité maximale en plus de la probabilité moyenne (Toma B., Pouillot R. et Sanaa M., 2002).

Une approche déterministe donnant une probabilité moyenne du risque à l'avantage d'être simple mais peut également faire croire que cette valeur est exacte, alors qu'elle ne représente qu'une moyenne. Il est donc préconisé dans une approche déterministe de donner un intervalle d'appréciation du risque par une valeur minimale et maximale (Toma B., 2002).

On comprend aisément que la qualité de l'appréciation quantitative dépend de la qualité des informations disponibles. Or, il règne toujours une incertitude quant à l'exactitude des données récoltées, de plus certaines d'entre elles peuvent refléter une certaine variabilité. Une approche déterministe ne permet pas de prendre en compte cette incertitude, alors que l'approche stochastique, elle, permettra de prendre en compte un certain nombre d'incertitudes et de variabilités.

### ***1.2.5.2.2- Approche probabiliste ou stochastique***

L'approche probabiliste nécessite une bonne connaissance des théories statistiques et probabilistes. Elle permet de prendre en compte « la variabilité du risque et l'incertitude liée à son estimation » (Pouillot R. *et al*, 2002).

Il est nécessaire dans un premier temps d'expliquer ce que l'on entend par : « variabilité » et « incertitude ». D'après R. Pouillot *et al.*, (2002) :

- « La variabilité d'un paramètre est sa variation naturelle dans la population. Cette variation peut refléter ce que l'on appelle la variabilité naturelle (exemple : la taille d'un troupeau à l'autre est variable, la taille d'un animal à l'autre est variable), ou les fluctuations liées à un phénomène aléatoire (exemple : le nombre exact d'animaux infectés tirés au sort d'une population est variable) ».
- « L'incertitude autour d'un paramètre est une variation possible du paramètre résultant de la méconnaissance de la valeur exacte du paramètre. Par exemple, la prévalence exacte dans une population est incertaine ».

Ces variabilités et incertitudes constituent donc des variables aléatoires, dont on associe une distribution de valeurs possibles associées, elles-mêmes, à leur probabilité. On parlera alors de « loi de probabilité » (Pouillot R. *et al*, 2002). Il est donc nécessaire de choisir des lois de probabilité pour chacun des paramètres utilisés dans l'appréciation ce qui constitue une des principales difficultés de l'approche probabiliste. Le choix de la distribution (binomial, normale...) dépendra de la nature de la variable (taille d'un cheptel, sensibilité d'un test...).

Il sera donc nécessaire de combiner différentes lois de probabilités pour faire l'appréciation. Pour cela, on utilise la simulation de « Monte Carlo » (Pouillot R. *et al*, 2002), qui permettra de faire la combinaison des lois aboutissant ainsi à une nouvelle loi de probabilité. Son principe est présenté dans l'encadré 2.

**Encadré 2 :** Principe de la simulation de « Monte Carlo », (d'après Pouillot R. *et al*, 2002).

Soit deux paramètres nommés  $X_1$  et  $X_2$  associés chacun à une loi de distribution. Pour obtenir la combinaison de ces deux paramètres (et donc de leurs lois de distribution) la démarche est la suivante:

- 1- On tire au sort une valeur  $x_1$  dans la loi de distribution de  $X_1$
- 2- On tire au sort une valeur  $x_2$  dans la loi de distribution de  $X_2$
- 3- On combine  $x_1$  et  $x_2$  pour obtenir une valeur  $y$

On répète ces actions un grand nombre fois et on obtient au final une distribution des valeurs  $y$ . Plus on répète cette procédure, plus on tend vers une distribution exacte de  $Y$ .

Le résultat de l'appréciation stochastique est donc une distribution de probabilité

En pratique, des logiciels procédant à des simulations de « Monte Carlo » sont disponibles. Les plus utilisés sont (9) : @risk (© Palisade Corp) et Crystal Ball (©Decisioneering, Inc)

Nous venons de voir les bases théoriques de l'analyse de risque. Or en pratique certaines question sont à se poser afin de pouvoir apprécier le risque correctement.

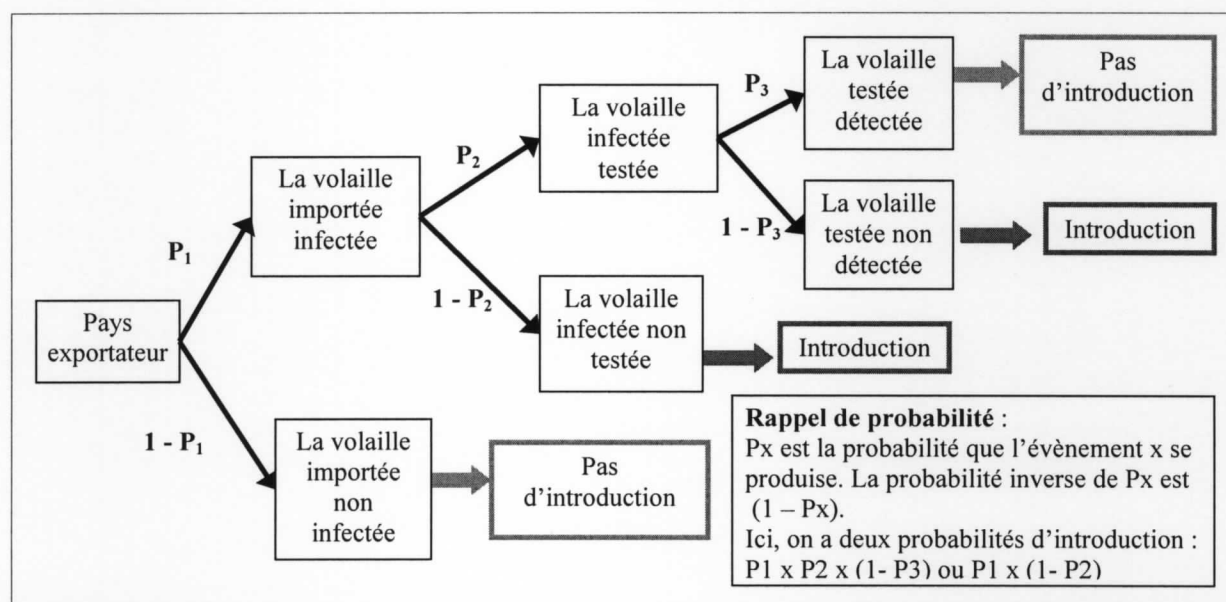
### 1.2.6- Réflexion préalables à la mise en place d'une appréciation

Avant de mettre en place une appréciation du risque il faut clairement définir la ou les questions auxquelles on souhaite répondre (Wieland, 2006). Le code de l'OIE recommande d'apprécier l'émission, l'exposition et les conséquences. En appréciation de risques relatives aux importations d'animaux et de produits d'origine animale, il est préconisé de suivre cette démarche. Mais dans le cadre où l'appréciation sert d'outil à la compréhension de mécanismes aboutissant à la survenue du danger, l'intérêt pourra se porter seulement sur un risque spécifique (l'exposition au danger, l'introduction du danger par exemple).

Afin de définir clairement sujet il faut :

- Déterminer si l'on veut s'intéresser à un agent pathogène spécifique plusieurs
- Déterminer les sources ou voies à l'origine de la survenue du risque :
- Une source spécifique : par exemple les importations
- Plusieurs sources : par exemple les importations, les animaux sauvages, les vecteurs mécaniques... Il faudra dans ce cas établir un modèle conceptuel. Ce modèle permettra d'identifier, de définir et de schématiser clairement ces différentes voies.
- Définir dans certains cas, la ou les origines géographiques de la ou les sources et de leur destination, mais aussi la période considérée.

Après avoir défini clairement le sujet, il faut déterminer la séquence d'évènements aboutissant à l'apparition du risque : on parlera de modèle événementiel. Un arbre de probabilité dans ce cas est établi et permet d'expliciter graphiquement cette séquence d'évènements. Un exemple d'arbre de probabilité est présenté dans la figure 3.



**Figure 3 :** Exemple d'arbre de probabilité illustrant la séquence d'évènements aboutissant à l'introduction de volailles infectées par un pathogène X lors d'une activité d'importation

En général, en appréciations qualitatives plusieurs sources à l'origine de l'apparition du risque peuvent être traitées. Un modèle conceptuel est alors établi ce qui permet de poser clairement les idées et de déterminer les paramètres permettant d'argumenter l'appréciation. En revanche, les arbres de probabilité ne sont pas forcément nécessaires à établir. Par contre, le but d'une appréciation quantitative étant de donner une probabilité de survenue du risque, la construction d'arbre de probabilité est indispensable.

Nous allons maintenant pouvoir dans un second chapitre illustrer la démarche d'appréciation du risque. Le but de ce chapitre est de faire un catalogue des études faites en appréciation du risque en santé animales et de voir quelles ont été les démarches entreprises par les auteurs.

## **II – Les méthodes d'appréciation du risque en santé animale**

En santé animale, nous pouvons distinguer deux manières d'utiliser et d'approcher l'appréciation du risque. L'appréciation de risque peut, d'une part, être utilisée dans le cadre de chaque importation d'animaux ou de produits d'origine animale, pour permettre à un pays d'évaluer le risque relatif à ces importations. D'autre part, elle peut être utilisée comme un outil de compréhension des mécanismes aboutissant à l'apparition d'un événement adverse.

Ce chapitre s'articulera selon ces deux types d'approche.

### **II.1- Appréciation du risque dans le cadre des importations**

Nous avons vu dans le premier chapitre que les pays membres de l'OMC doivent justifier leur décision d'importations par une analyse de risque. L'analyse de risque dans le cadre des importations d'animaux et de produits animaux se base sur le Code sanitaire des animaux terrestres de l'OIE. Ainsi, on peut retrouver des rapports d'analyse de risque sur les sites Internet des ministères de certains pays. C'est le cas de la Nouvelle-Zélande et de l'Australie. Ces analyses de risque visent à garantir qu'une activité d'importation ne portera pas atteinte à la santé des animaux, de l'homme ou à l'environnement. Les risques seront alors comparés aux avantages potentiels que présente l'importation, afin de prendre une décision.

#### **II.1.1- L'analyse de risque et le code sanitaire des animaux terrestres de l'OIE**

L'importation d'animaux ou de produits d'origine animale peut constituer un risque pour le pays importateur. En effet, il peut être exposé à une ou plusieurs maladies animales. L'analyse de risque dans cette optique fournit « une méthode objective et justifiable » (OIE, 2006) d'évaluation des risques. L'analyse de risque est encouragée par les accords SPS de l'OMC (cf. I.1.2). Dans le Code sanitaire des animaux terrestres un chapitre est consacré à la méthode d'analyse de risque pour le commerce d'animaux et de produits d'origine animal (OIE, 2006).

Il est important que l'analyse soit transparente et donc documentée, objective, logique et qu'elle fournisse toutes les références nécessaires.

Dans le cas des importations, le danger est défini comme « tout agent pathogène susceptible de provoquer des effets indésirables à l'occasion de l'importation de marchandises ». Dans le cas des importations d'animaux ou de produits animaux on identifie souvent plusieurs dangers : c'est à dire que l'on identifie les différents agents pathogènes pouvant être associés aux animaux (ou aux produits d'origine animale) importés.



## **II.1.2- Comparaison des méthodes d'appréciation des risques aux importations : exemple de l'Australie, la Nouvelle-Zélande**

Dans sa politique de biosécurité l'Australie établit des analyses de risques pour les produits qu'il importe sur son territoire. C'est l'Australian Quarantine and Inspection Service (AQIS) qui met en place ces rapports. Ils s'articulent de la façon suivante : identification du danger, description des voies d'entrée et d'exposition, de dissémination en Australie, appréciation des probabilités d'introduction, d'exposition, de dissémination et des conséquences pour chaque danger identifié et enfin une gestion des risques. Ces rapports sont disponibles sur le site du ministère et ceci dans le but d'assurer une communication sur le risque. Dans le cas des analyses de risques à l'importation plusieurs dangers sont identifiés. En effet, toutes les maladies pouvant affecter les animaux ou les produits d'origines animales sont potentiellement un danger. Nous pouvons citer l'exemple d'une analyse faite dans le cadre des importations de crocodiles vivants et de leurs œufs pour les zoos (AQIS, 2000) : l'analyse de risque a permis d'identifier plusieurs dangers potentiels (ex : *Poxvirus*, *Mycoplasma*, *Entamoeba invadens*, *Trichinella*...), et d'apprécier les risques relatifs à ces dangers pour les reptiles et les autres animaux présents dans le pays. Des options de gestion ont pu être mises en place sur la base de cette appréciation afin de minimiser le risque.

Le Ministère de l'Agriculture et de la Foresterie (MAF, 2006) de Nouvelle-Zélande établit également des appréciations de risque pour chaque importation d'animaux et de produits d'origine animale. Les analyses s'articulent de la même façon que celles établies par l'Australie. Ces rapports ainsi qu'un document de procédure d'analyse de risque commune à tous les types d'analyse de risque à l'importation (pour les importations de plantes notamment) sont disponibles sur le site Internet du Ministère. Dans ce document « Biosecurity New Zealand Risk Analysis Procedures », chaque étape de l'appréciation du risque sont détaillées. Un résumé de la procédure est présenté en annexe 3. En plus d'apprécier l'émission, l'exposition et les conséquences, les deux organismes apprécient l'établissement du danger.

## **II.2- Les appréciations du risque en santé animale**

En dehors des appréciations du risque permettant d'estimer le risque encouru par une activité d'importation d'animaux et de produits d'origine animale, il existe des appréciations qui sont utilisées comme des outils de modélisation et de compréhension des risques.

Cette partie du document présentera les analyses qualitatives et quantitatives qui ont été mises en place et permettra d'identifier les démarches utilisées par les différents auteurs. Elle s'articulera en fonction des questions auxquelles les études veulent répondre.

### **II.2.1- Appréciations qualitatives du risque**

#### ***II.2.1.1-Appréciation du risque de transmission des pathologies animales à l'homme***

##### ***II.2.1.1.1- Transmission par contact direct***

Dans cette partie nous présenterons seulement les appréciations de transmission des maladies de l'animal à l'homme.

Dans ce type d'étude, les auteurs identifient en général plusieurs groupes d'individus. En effet, les risques d'exposition aux zoonoses sont différents chez des individus travaillant en contact avec des animaux potentiellement infectés et chez des individus dont le contact est limité.

Prenons l'exemple d'un rapport établi par l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa, 2004) d'évaluation des risques de la fièvre Q<sup>1</sup> sur la santé publique. Les experts ont apprécié le risque d'émission à partir de plusieurs sources : les animaux (domestiques et sauvages...), l'environnement, et les produits alimentaires d'origine animale (lait et produit laitier). A partir de ces sources d'émission, l'homme peut être exposé à la bactérie par différentes voies : voies aériennes, contact avec les animaux, voies alimentaires. Il apparaît donc que des professionnels en contact direct et habituel avec les ruminants seront beaucoup plus exposés à la bactérie que des personnes vivant en ville. De ce fait, plusieurs types de populations ont été identifiés : population en contact direct avec les ruminants, population « rurale », population générale. L'appréciation de l'exposition a été étudiée pour chacune de ces populations. Par exemple, les populations en contact direct avec des ruminants ont un risque modéré à élevé d'être exposées par voie aérienne à *Coxiella burnetii* alors qu'une population urbaine (population générale) a un risque négligeable d'y être exposée. Il apparaît une grande différence dans le risque encouru dans les différentes populations.

Une étude similaire a été établie par Dufour B. *et al* (2003). En effet, afin d'apprécier la transmission du virus de la rage à l'homme en France à partir des chauves souris, les auteurs ont identifié deux populations : la population générale et les personnes travaillant au contact avec les chauves souris.

Remarque : beaucoup d'appréciations de transmission d'agent pathogène à l'homme existent en analyse de risque alimentaire.

#### *II.2.1.1. 2- Transmission indirecte : via l'environnement*

L'agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset, 2007) a établi un rapport relatif aux risques sanitaires liés à la présence de virus Influenza aviaires hautement pathogènes dans les eaux. Dans ce rapport le groupe de travail a procédé à une appréciation qualitative du risque d'exposition des populations aux virus influenza hautement pathogènes et plus spécifiquement au sous type H5N1. La source de l'infection des eaux sont l'avifaune sauvage ou domestique. Les experts ont considéré différentes modalités d'infections de l'homme : par l'intermédiaire des eaux de surfaces et des eaux usées. Ils ont apprécié les risques pour deux types populations : la population générale et les professionnels travaillant dans le traitement des eaux ou autre. Ils ont apprécié qualitativement la contamination des eaux (de surface et usées) et dans l'hypothèse d'une contamination des eaux, ils ont apprécié l'exposition de la population générale et des professionnels. La méthode utilisée a été adaptée sur le modèle de Zepeda (1998). Afin de qualifier les risques, ils ont tenu compte du réservoir animal, des modalités d'excrétion et de transmission du virus, des facteurs pouvant influencer la conservation du pouvoir infectieux, des voies de dissémination du virus (ex pour la source oiseaux domestiques : épandage de fumiers, eaux de nettoyages, aérosols...), et des modalités d'exposition des populations (inhalation, ingestion).

#### *II.2.1.2- Appréciation du risque d'introduction*

Nous avons vu que lorsque que l'on définit le sujet on peut choisir de faire l'appréciation sur un risque spécifique relatifs à une voie d'introduction ou sur un risque plus globale relatifs à plusieurs voies d'introduction. Cette partie du documents s'articulera de selon cette modalité.

Remarque : le fait que l'on parle de risque d'introduction ne veut pas dire que l'on apprécie seulement l'émission, les étapes d'appréciation de l'exposition et des conséquences

---

<sup>1</sup> *Coxiella burnetii* la bactérie responsable de la maladie

font également partie des études. On peut trouver des études qui parlent d'appréciation des risques d'épizootie (Hendrikx P. *et al*, 2001).

#### *II.2.1.2.1-Appréciation des risques à partir d'une voie d'introduction précise*

##### ✦ Les échanges commerciaux : une voie d'introduction

Les échanges transfrontaliers d'animaux (commerce et transhumance) sont souvent identifiés comme une voie d'introduction possible de danger.

Une étude appréciant le risque d'introduction de la fièvre aphteuse en Europe et en Russie à partir des pays transcaucasiens : Arménie, Azerbaïdjan et Géorgie a été établie par Moutou *et al.*, (2001). Afin d'argumenter leur appréciation de l'émission les auteurs ont utilisé les paramètres suivants : la prévalence de la maladie dans les trois pays, le volume des échanges entre les différents pays et la survie du virus dans l'environnement. Chacun de ces paramètres a été qualifié puis ils ont été combinés entre eux. De la même manière l'appréciation de l'exposition a été établie, les paramètres utilisés étant : le potentiel de transmission du virus entre animaux dans le pays (contact entre les animaux), la probabilité de dissémination du virus à l'intérieur du pays, la survie du virus et le rôle de la faune sauvage comme vecteur potentiel. Compte tenu du fait que la maladie n'est pas une zoonose, seuls les conséquences économiques ont été appréciées.

Une étude similaire a été faite dans le cadre d'une appréciation qualitative du risque d'épizootie de peste bovine en République Centrafricaine à partir du Tchad et du Soudan (Hendrikx P. *et al*, 2001). En effet, les mêmes paramètres ont été utilisés afin d'apprécier l'émission, l'exposition et les conséquences.

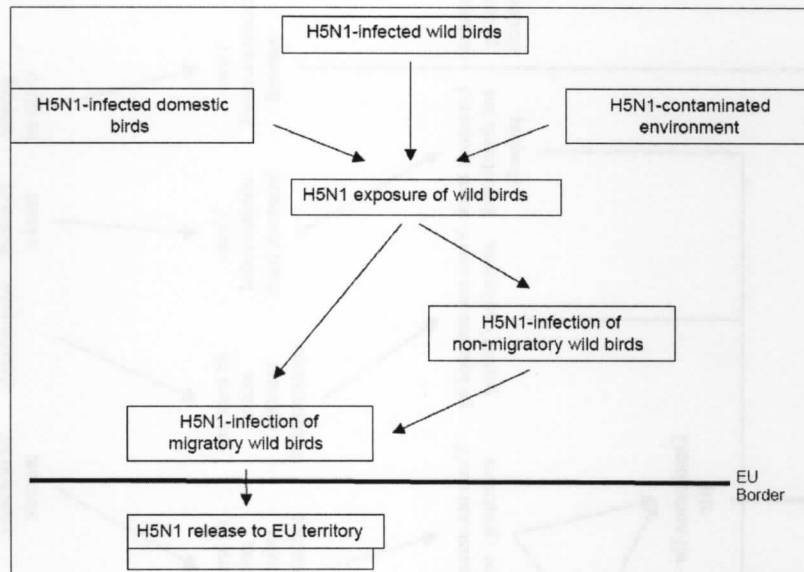
Leighton F.A (2002), a présenté une méthode d'appréciation du risque sanitaire relative aux déplacements d'animaux sauvages. Cette méthode est présentée en annexe 4.

##### ✦ Le déplacement des animaux sauvages : une voie d'introduction

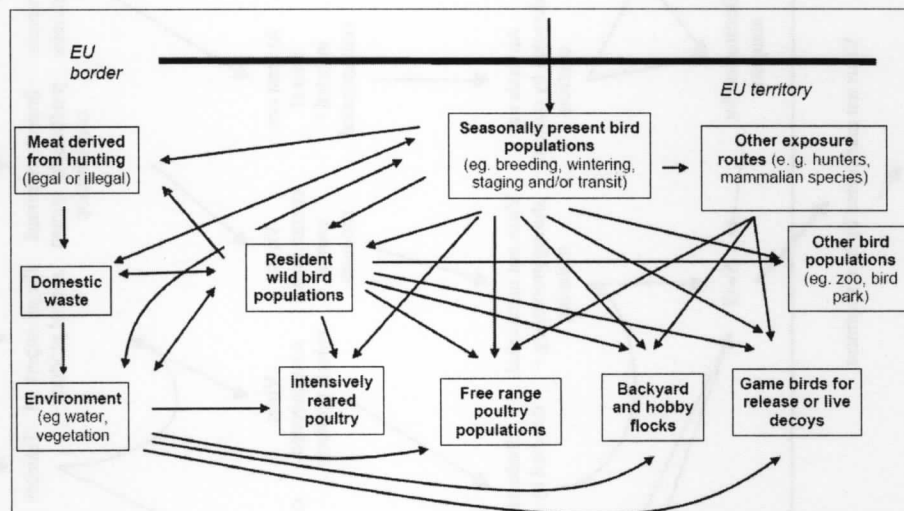
Un bon exemple d'appréciation d'introduction d'une pathologie animale par l'intermédiaire du déplacement d'animaux sauvages peut être illustré par des études faites sur les risques d'introduction des influenzas aviaires par l'intermédiaire des oiseaux sauvages migrateurs. L'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA<sup>1</sup>, 2006) a établi un rapport à ce sujet. Le but de ce rapport était d'apprécier : 1) la probabilité d'introduction du virus H5N1 dans les pays membres de l'Union Européenne (émission) ; 2) l'évolution de la situation aboutissant à une endémicité chez les oiseaux sauvages dans l'UE et la transmission à la volaille domestique (exposition et conséquences). Le modèle conceptuel de ces deux composantes a été établie et est présenté en figure 4.

---

<sup>1</sup> L'EFSA est une agence l'Union européenne dont les deux principaux domaines de travail sont: l'évaluation des risques et la communication des risques. Des comités scientifiques sont chargés de faire ces évaluations. Les groupes scientifiques fournissent ainsi aux États membres une base scientifique pour appuyer la définition de la législation et des politiques relatives à la sécurité des aliments destinés à l'alimentation humaine et animale.



**Figure 4a :** Schématisation des voies de la voie d'émission



**Figure 4b :** Schématisation des voies d'exposition des oiseaux en UE.

**Figure 4 :** Modélisation du risque d'introduction des virus influenzas aviaires par l'intermédiaire des oiseaux sauvages (EFSA, 2006)

La figure 4a schématise l'exposition des oiseaux sauvages en dehors de l'UE. Ainsi différentes voies d'exposition ont été déterminées : contamination par des oiseaux domestiques, par des oiseaux sauvages ou par l'environnement. Les oiseaux sauvages ainsi infectés constitueront la voie d'introduction du virus H5N1 en UE, il y aura donc émission. Des données épidémiologiques ont été utilisées pour argumenter l'appréciation du risque d'émission du virus en UE. La séquence d'événements aboutissant à cette émission est la suivante : 1) des oiseaux sauvages sont exposés au virus H5N1 dans une région touchée, en dehors de l'UE ; 2) ces oiseaux infectés se concentrent dans une zone en dehors de l'UE ; 3) il y a transmission du virus à d'autres populations d'oiseaux sauvages ; 4) la maladie n'est pas détectée par le système de surveillance dans la région concernée. Les probabilités d'apparition de chacun de ces événements ont été qualifiées puis combinées pour donner une probabilité d'émission de faible à élevée. Cette large fourchette s'explique par le fait que l'épidémiologie



de la maladie varie en fonction des espèces aviaires, de ce fait différentes appréciations ont été établies en fonction de ces données et en fonction des espèces d'oiseaux.

Le second modèle conceptuel, se situe après l'émission du virus H5N1 en UE, il correspond à l'exposition des êtres vivants (ici les oiseaux sauvages ou domestiques). Différentes voies d'exposition ont été identifiées à partir de la source d'émission (oiseaux sauvages migrateurs) : exposition des oiseaux sauvages résidents, volailles de basses cours, volaille d'élevages intensifs, oiseaux des zoos parcs... Il apparaît que les espèces sources et le nombre d'individus infectés influenceront sur la transmission du virus aux oiseaux présents en UE. De plus, l'exposition dépendra fortement des régions, en effet, les conditions climatiques, la densité de volaille, d'oiseaux sauvages résidents... sont à prendre en considération pour apprécier le risque d'exposition. Quant à l'exposition de la volaille domestique, elle dépendra des mesures de biosécurité mise en place dans l'élevage : ainsi pour des volailles élevées dans un bâtiment, le risque d'exposition est faible, alors qu'il sera élevé pour un élevage ou la biosécurité n'est pas bonne.

Il est intéressant de noter que dans ce rapport, les auteurs ont utilisé en plus des qualificatifs du risque classiques une qualification de l'incertitude du risque (annexe 5), ce qui permet de mettre en évidence le manque d'informations et la variabilité de certains paramètres.

#### *II.2.1.2.1- Appréciation des risques d'introduction à partir de plusieurs voies*

De Vos et al (2003) ont fait une étude sur les risques d'introduction du virus de la peste porcine classique en Union Européenne. Cette étude illustre bien le type d'étude que l'on peut faire lorsque l'on veut apprécier un risque global d'introduction. Le modèle conceptuel aura pour objectif d'identifier toutes les voies d'introduction du virus en UE. Le risque associé à chacune de ces voies sera en suite apprécié.

Le modèle établie par de Vos et al. (2003) identifie toutes les voies d'introduction et de dissémination du virus: mouvements d'animaux (importations ...), transport mécanique du virus (par l'intermédiaire de véhicules, d'individus). A partir des données de la littérature, ils ont pu estimer l'importance que chacune d'elle joue, dans l'introduction ou la dissémination du virus. Par exemple, les courants d'air sont considérés sans importance dans l'introduction du virus alors que les mouvements d'animaux et de produits d'origine animale sont considérés comme pouvoir jouer un rôle important dans l'introduction et la dissémination du virus.

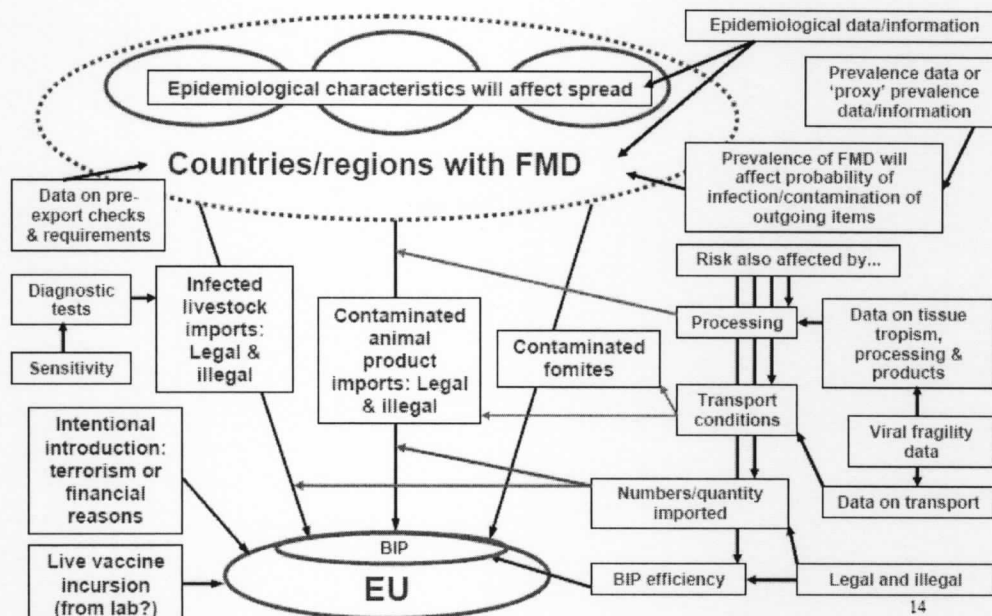
Après avoir établi les différentes voies d'introduction du virus, la séquence d'évènements aboutissant à l'apparition du danger pour chacune des ces voies a été schématisée (figure 5). La séquence d'évènements peut être résumé de la façon suivante :

- 1- une source susceptible de porter le virus entre dans la région UE (par exemple : des importations légales ou illégales d'animaux vivants, des touristes, un courant d'air...)
- 2- la source est contaminée ou infectée par le virus
- 3- les mesures préventives ne permettent pas de détecter ou d'inactiver le virus (ex : mauvaise désinfection d'un camion, virus non détecté par les tests...)
- 4- transfert du virus vers les animaux susceptibles d'être atteints : par contact direct ou indirect ou par l'intermédiaire des farines animales (la dose infectieuse étant prise en compte dans le modèle).

Ce modèle appelé diagramme de flux a permis d'avoir une vue d'ensemble de toutes les routes d'introduction du virus et constitue la base de l'appréciation qualitative.

L'EFSA a établi en 2004, une appréciation du risque d'introduction du virus de la fièvre aphteuse en Union Européenne. La démarche est classique avec une appréciation de l'émission, une appréciation de l'exposition et une appréciation des conséquences. Les voies

d'entrée du virus évaluées sont les importations légales et illégales d'animaux et de produits d'origine animale et les vecteurs mécaniques. Le modèle établi pour apprécier l'émission est présenté dans la figure 5. Les données à récolter pour étayer l'appréciation sont également présentées : présence et prévalence des virus de fièvre aphteuse dans les pays considérés, probabilité de détecter la maladie, stabilité du virus, nombre et quantité des importations, les mesures de sécurité en place dans les pays exportateurs et importateurs...



**Figure 6 :** Les voies d'émission de la fièvre en aphteuse en UE et le type de données requises (par voies) pour l'apprécier (EFSA, 2004)

L'exposition est appréciée à partir trois voies d'introduction. Les conséquences ont permis d'apprécier la dissémination et l'établissement de la maladie. Les trois appréciations sont finalement intégrées dans une estimation du risque.

De nombreuses études se sont attachées à déterminer les voies d'introduction de la grippe aviaire, afin d'estimer le risque encourue.

L'institut de recherche fédérale en santé animale allemande a apprécié qualitativement l'introduction du virus H5N1 par la Turquie, la Russie, la Roumanie et la Grèce (FLI, 2005). Les différentes voies d'introduction identifiées sont : le commerce légal d'oiseaux et de produits avicoles, le commerce illégal, les oiseaux sauvages, et le trafic de voyageurs. A partir de ces différentes sources, l'émission a été appréciée, prenant en compte la date de détection de la maladie dans les quatre pays concernés et les échanges qu'ils ont pu avoir avec l'Allemagne à cette période. L'appréciation de l'exposition via les différentes voies a été faite mais aucune appréciation des conséquences n'a été établie.

En ce qui concerne les appréciations de risques relatives à l'introduction des virus influenza aviaires, on retrouve dans de nombreux rapports et publications les voies d'introductions mentionnées plus haut. Dans une étude sur les risques d'introduction de la grippe aviaire en Suisse (Hauser R. *et al*, 2006), les auteurs ont également estimé l'émission à partir des importations légales ou illégales, du trafic de voyageurs et des oiseaux sauvages. Nous pouvons noter que dans cette étude, l'exposition a été estimée en fonction des types d'élevage (plein air, loisir, industriel, détenant plusieurs espèces d'oiseaux...), de la zone (près de lacs où séjournent des oiseaux sauvages) et de la période de l'année (pendant les migrations).

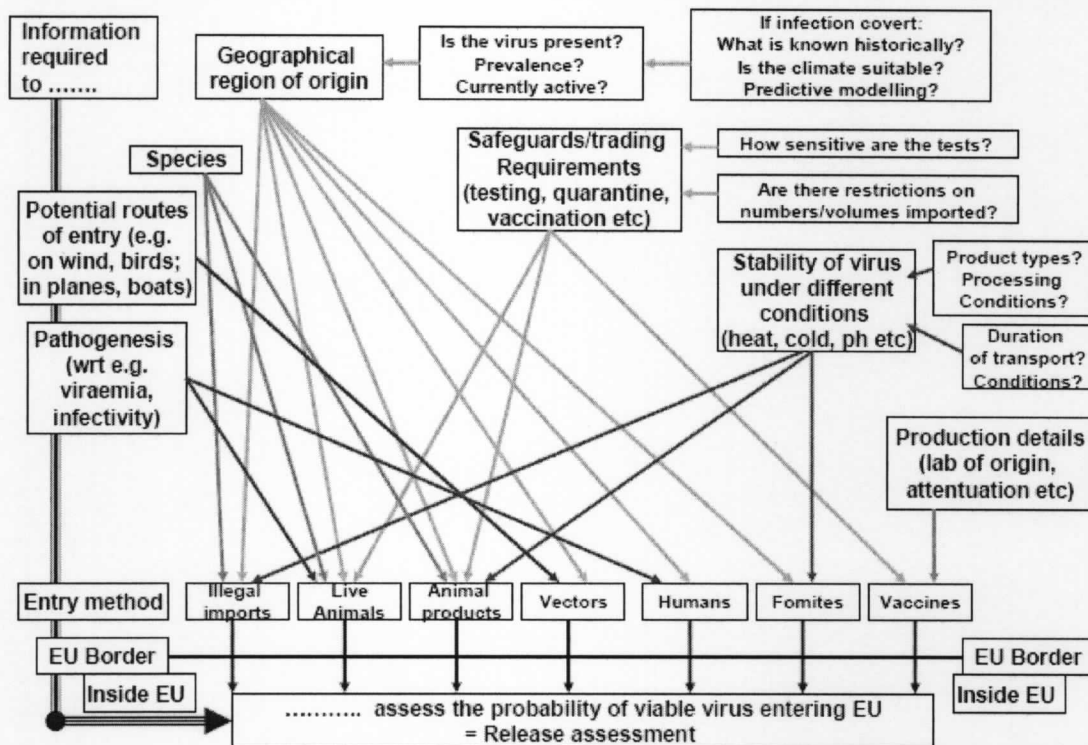
Le département pour l'environnement l'alimentation et les affaires rurales (Defra), un département du gouvernement du Royaume Uni, a établie de nombreuses appréciations de risque qualitatives sur les risques relatifs aux influenzas aviaires. Les démarches permettant et justifiant la qualification du risque sont peu argumentées dans ces rapports. Hormis, des appréciations du risque sur la grippe aviaire la Defra a établi des rapports concernant la fièvre aphteuse, la peste porcine classique, la maladie de Newcastle et la fièvre catarrhale ovine (ou bluetongue). Tous ces sont disponibles en ligne.

### *II.2.1.3- Appréciation du risque pour les maladies vectorielles*

Même si la méthode d'appréciation du risque est la même que pour les maladies à transmission directe dans le cas des maladies vectorielles, la démarche et les paramètres pris en compte pour apprécier le risque sont différents. En effet, il faut prendre en compte le vecteur et sa présence. Du fait de la présence de vecteur (et donc de sa distributions dans l'espace et dans le temps), des facteurs spatiaux et temporels se retrouvent dans les appréciations de risque appliquées à des maladies vectorielles (on retrouve aussi la spatialisation et temporalisation dans les appréciations relatives aux maladies à transmission directe) . L'EFSA a établi un rapport relatif aux risques d'introduction et la persistance du virus de la Fièvre de la Vallée du Rift dans la communauté européenne (EFSA, 2005). Afin d'estimer ce risque les experts ont fait une appréciation qualitative de l'émission, de l'exposition du cheptel de l'UE et des conséquences. Le comité a identifié : les importations légales et illégales d'animaux et de produits d'origine animal, les vecteurs biologiques<sup>1</sup> et mécaniques (le matériel), les hommes et enfin les vaccins comme voies d'introductions possibles de la maladie. Ce modèle conceptuel est présenté dans la figure 7. Chacune des voies d'entrée est dentifiée et, pour chacune d'elle les données nécessaires pour apprécier le risque d'introduction sont présentées. Par exemple, l'origine géographique de chacune des sources potentielles d'introduction est nécessaire afin de savoir si d'une part le virus est présent sur la zone et si c'est le cas qu'elle est la prévalence de la maladie.

---

<sup>1</sup> Le virus peut être transmis par des piqûres de nombreuses espèces de moustiques appartenant aux genres *Aedes*, *Anopheles*, *Culex*, *Eretmapodites* et *Mansonia* qui sont les vecteurs biologiques de la maladie.



**Figure 7 :** Les voies d'introduction du virus de la fièvre de la Vallée du Rift UE et le type de données requises (par voies) (EFSA 2005)

Partant du fait que l'introduction du virus est possible, les experts ont ensuite apprécié l'exposition du cheptel de la communauté européenne. Ils ont pour cela d'abord identifié les voies d'exposition qui dépendent de la voie d'entrée considérée. Par exemple, si le virus arrive sur le territoire de l'UE par un vecteur compétent ou par un vaccin le cheptel peut être directement exposé. Il peut également être exposé indirectement par la voie suivante : un vecteur compétent présent sur le territoire est d'abord exposé, puis c'est le cheptel qui est exposé à son tour. Les paramètres nécessaires pour apprécier le risque qualitativement ont été listé (ex : densité et localisation des animaux dans l'UE, présence des vecteurs potentiellement compétent, effet de l'environnement et du climat sur les vecteur entrant et présent sur le territoire...). Enfin l'appréciation des conséquences a consisté à déterminer les conséquences d'une infection sur le cheptel, la probabilité de persistance de la Fièvre de la Vallée du Rift en UE et la probabilité d'infection (par manipulation ou consommation d'animaux infectés) de l'homme. Notons que comme nous sommes dans le cas d'une maladie vectorielle, la persistance de la maladie nécessite la présence d'un vecteur compétent sur le territoire.

Un rapport sur l'appréciation du risque d'introduction de la fièvre catharale ovine et la fièvre West Nile au Pays-Bas a été établie par le « Centraal Instituut voor DierziekteControle » (CIDC- Lelystad, 2003). Le manque d'information n'a pas permis de qualifier le risque mais a permis donner des pistes quant aux études et enquêtes à mettre en place pour mener à bien l'étude. Les paramètres à collecter sont donc : la présence des vecteurs<sup>1</sup>, leur distribution et leur compétence. Pour la fièvre hémorragique West Nile il est également nécessaire de recenser les oiseaux présents sur le territoire susceptibles d'être infectés par le virus.

<sup>1</sup> *Culicoides spp* pour la blutongue et du genre *Culex* principalement pour la fièvre hémorragique West Nile.



En appréciation qualitative si l'arbre de probabilité intervient peu, ce sont les paramètres permettant de qualifier le risque qui sont le plus important à déterminer. En effet, ils permettent l'argumentation du choix des adjectifs qualifiant le risque. Certains étudies qualifient directement le risque à partir des données disponibles, d'autre qualifient chacun de ces paramètres indépendamment les uns des autres, puis les combinent comme dans la méthode préconisée par Zepeda.

## II. 2.2-Appréciation quantitative

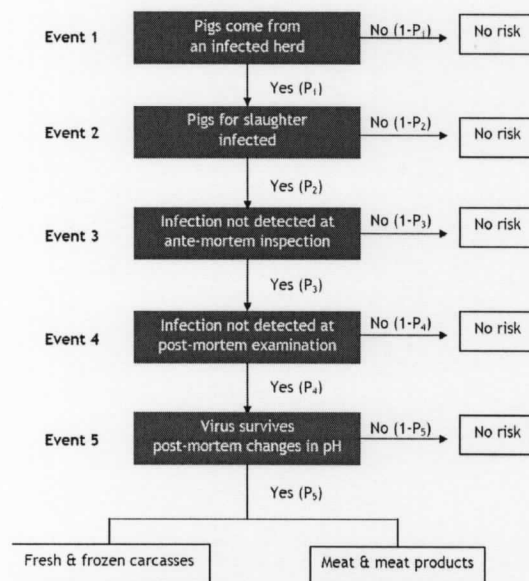
Les appréciations quantitatives nécessitent une quantité suffisante de données et qui, de plus, doivent être de bonnes qualités. L'élaboration d'une appréciation quantitative nécessite donc beaucoup de temps, pour la récolte des données d'une part, et d'autre part pour la mise en place des modèles. C'est pourquoi, les appréciations quantitatives répondent souvent à une question bien spécifique.

Il existe des approches dites semi quantitatives. Ce type d'approche combine des appréciations qualitatives et quantitatives. En effet, lorsque les données ne sont pas suffisantes pour faire une approche quantitative certaines étapes de l'analyse peuvent être appréciées qualitativement. Un exemple d'appréciation semi-quantitative est présentée dans l'encadré 3.

### Encadré 3 : Exemple d'appréciation semi-quantitative (Lopez E. *et al*, 2005)

Une étude semi quantitative a été menée dans le but de déterminer le risque associé à la transmission de la fièvre aphteuse par l'intermédiaire de porcs vaccinés.

Un arbre de probabilité a été établi (figure ci-contre). La séquence d'événements aboutissant à la contamination de viande est la suivante : la source de l'émission est un animal issu d'un troupeau infecté (événement 1), les porcs vaccinés et infectés sont ensuite destinés à l'abattage (événement 2), l'infection n'est pas détectée par une inspection avant l'abattage (événement 3), l'infection n'est pas détectée lors de l'examen post-mortem (événement 4), le virus survie aux changements de pH post mortem (événement 5). Ensuite, on associe à chacun de ces événements une probabilité. La détermination de ces probabilités a été faite grâce à des données de la littérature. Ainsi, la probabilité d'apparition de l'événement 1 est de 0,0016% ( $P_1$ ), celle de l'événement 2 de 0,47% ( $P_2$ ), celle de l'événement



3 de 79,4 % ( $P_3$ ), celle de l'événement 4 de 79,7 % ( $P_4$ ) et enfin celle de l'événement 5 de 1,1 % ( $P_5$ ). Dans le but de déterminer le risque de survie du virus dans la viande et les carcasses, une appréciation qualitative a été établie. La probabilité d'avoir de la viande contaminée par le virus de la fièvre aphteuse correspond au produit de chacune de ces probabilités.

Ici, on peut pas parler d'appréciation quantitative, mais d'appréciation semi quantitative, car on combine les deux types d'approche.

Nous allons maintenant voir quelles sont les appréciations quantitatives proprement dites qu'il existe dans la littérature et les utilisées appliquées par les auteurs. Notons que la plupart de ces appréciations sont faites selon des approches probabilistes.

### II. 2.2.1- appréciation des introductions

Hoara B.R. *et al* (2004), ont établi en 2004 une appréciation quantitative du risque d'introduction du virus de la bluetongue aux Etats-Unis par l'intermédiaire des importations de bovins. Cette appréciation a été faite selon une approche probabiliste utilisant la simulation de Monte Carlo.

Même si les données épidémiologiques ont suggéré qu'il était improbable qu'il y ait un vecteur compétent aux Etats-Unis pour transmettre une souche exotique du virus de la bluetongue, les auteurs ont simulé la probabilité d'introduction d'un animal infecté. Pour cela, ils ont utilisé paramètres suivants : la séroprévalence dans le pays exportateur et la période à laquelle le test (période post infection)<sup>1</sup> est effectuée et la sensibilité de ce test. Cette étude permet en outre de comparer les différentes méthodes de quarantaine préconisées par l'OIE. L'étude conclut sur le fait qu'en suivant ces recommandations il est peu probable d'introduire une souche exotique du virus de la bluetongue aux Etats-Unis. Les auteurs présentent leurs résultats sous forme de trois types de scénarios : le meilleur, le pire et un scénario intermédiaire. Afin d'illustrer les résultats, nous pouvons présenter un tableau (tableau 1) établie lors de l'étude. Ce tableau présente la simulation de la probabilité d'introduire un animal infecté (ou plus) aux Etats-Unis au cours d'une année. Prenons le cas où un test ELISA est effectué après le vingt-huitième jour d'entrée en quarantaine, la probabilité d'introduire un ou plusieurs animaux infectés est de  $1,3 \times 10^{-2}$  dans le meilleur des cas et de  $2,2 \times 10^{-2}$  dans le pire des cas.

**Tableau 1** : Probabilité moyenne d'importer un ou plusieurs animaux infectés par un virus de la bluetongue aux Etats-Unis et en Californie dans une année.

Quarantine (days)	USA			California		
	Best	Midpoint	Worst	Best	Midpoint	Worst
14 and negative (PCR)	$2.2 \times 10^{-2}$ (0.0)	$3.5 \times 10^{-2}$ (0.0)	$4.0 \times 10^{-2}$ (0.0)	$1.4 \times 10^{-2}$ (0.0)	$2.2 \times 10^{-2}$ (0.0)	$2.7 \times 10^{-2}$ (0.0)
28 and negative (c-ELISA)	$1.3 \times 10^{-2}$ (0.0)	$1.9 \times 10^{-2}$ (0.0)	$2.2 \times 10^{-2}$ (0.0)	$6.1 \times 10^{-3}$ (0.0)	$1.1 \times 10^{-2}$ (0.0)	$1.4 \times 10^{-2}$ (0.0)
100	$1.1 \times 10^{-6}$	$2.9 \times 10^{-6}$	$4.6 \times 10^{-6}$	$8.8 \times 10^{-8}$	$2.2 \times 10^{-7}$	$3.5 \times 10^{-7}$

Souvent, les résultats des appréciations sont représentés sous la forme de risque annuel.

Jones *et al.* (2004) ont apprécié le risque annuel d'importation de bovins infectés par la brucellose venant d'Irlande du Nord et de République d'Irlande en Grande Bretagne. La Grande Bretagne étant déclarée indemne de la maladie, il est important pour son commerce international de garder ce statut. L'appréciation du risque dans cette optique permet de voir quels sont les risques et de quelles manières le pays de perdre ce statut. Les importations de bovins venant d'Irlande du Nord et de République d'Irlande (pays tous les deux infectés par la maladie) ont été considérées comme la voie principale d'entrée de la maladie. Les auteurs ont pu estimer la probabilité d'importer au moins un animal infecté par an et le nombre d'importation d'animaux infectés par an. Les paramètres considérés sont la prévalence de la maladie dans les pays exportateurs, la fréquence des tests effectués, leur sensibilité et spécificité et la proportion des animaux testés. Les résultats de l'appréciation sont présentés

<sup>1</sup> L'OIE recommande soit de faire un test PCR après le quatorzième jour d'entrée en quarantaine, un test c-ELISA après le vingt-huitième jour d'entrée en quarantaine ou cent jours de quarantaine sans effectuer de tests.

sous forme de risque annuel. Ainsi, la maladie pourrait entrer en Grande Bretagne tous les 2,63 ans par des importations d'Irlande du Nord et tous les 3,23 ans par des importations de République d'Irlande. L'étude a permis de démontrer que le risque d'introduction de la brucellose en Grande Bretagne est réel et non négligeable, il devra donc être pris en considération dans la mise en place de politiques de gestion des risques relatives aux importations de bovins.

Jones *et al* en 2005, ont élaboré une appréciation du risque d'introduction de la rage en Grande Bretagne venant d'Amérique du Nord, et ceci, afin d'assister une décision politique relative à la modification des lois sur la quarantaine des chiens et chats entrant en Grande Bretagne. En effet, le Royaume Unis désirait élargir son programme « Pet Travel Scheme » (PETS)<sup>1</sup> à l'Amérique du Nord. Comme pour l'étude précédente les auteurs estiment un risque annuel d'introduction. Deux type scénarios sont considérées : les importations d'animaux sous quarantaine et les importations d'animaux domestiques importés dans le cadre du PETS ce qui a permis de les comparer. Des séquences d'évènements, sous forme d'arbre de décision, ont été élaborées pour les deux scénarios. Ils prennent en compte, par exemple, le fait qu'un individu vacciné peut ne pas être protégé contre l'infection et peut entrer en contact avec un animal infecté. Le risque a été déterminé à partir d'une approche probabiliste, utilisant une simulation de Monte Carlo.

De Vos *et al.* en 2004, ont établi un modèle permettant de calculer la probabilité d'introduction de la peste porcine classique en Union Européenne. Afin d'illustrer, ce modèle ils ont apprécié le risque d'introduction de la peste porcine classique aux Pays-Bas par : 1) des importations de porcs et de produits d'origine porcine ; 2) des camions transportant des animaux rentrant dans le pays et 3) une voie de contact (direct ou indirect) entre des porcs et des sangliers présents sur le territoire. Cette étude est la suite d'une première appréciation qualitative menée par de Vos *et al* en 2003<sup>2</sup>, où ils avaient établi un modèle conceptuel sur les différentes routes pouvant intervenir dans l'introduction de la peste porcine. L'étude se base donc sur le diagramme établi et apprécie quantitativement le risque relatif aux trois voies. Des arbres de probabilité ont été établis afin de calculer les probabilités d'introduction, l'approche étant stochastique pour prendre en compte la variabilité des paramètres (prévalence dans un pays, contact, échanges...). Les auteurs grâce à cette estimation on pu déterminer que la source la plus probable d'introduction est l'entrée de camion transportant des animaux. De plus, ils ont conclu que les pays à partir desquelles la maladie sera le plus probablement originaire sont l'Allemagne, la Belgique et le Royaume Unis. En 2006, de Vos *et al.*, ont fait une analyse de la sensibilité du modèle établi en 2003-2004.

### ***II. 2.2.2- Appréciation de la transmission via l'environnement***

Une étude quantitative du risque a été menée dans le but d'apprécier le risque de transmission du virus de la fièvre aphteuse à des vaches laitières par l'intermédiaire de l'eau de boisson (Schijven J.F, Rijs G.B.J *et al*, 2005). Le virus pouvant se retrouver dans le lait, les auteurs ont voulu apprécier l'émission du virus par l'intermédiaire de lait contaminé, déchargé illégalement dans des eaux usées, puis l'exposition de vaches laitières par la consommation de ces eaux. L'arbre de probabilité est construit de la façon suivante: 1) du lait contaminé est déversé illégalement dans des eaux usées ; 2) ces eaux sont transportées dans une usine de traitement ; 3) elles sont traitées, purifiées et déversées dans les eaux de surface ; 4) la dilution des eaux traitées dépend de la taille de l'usine de traitement ; 5) des vaches sont exposées au virus en consommant les eaux contaminées ; 6) calcul de la probabilité d'infection. Afin de

<sup>1</sup> Le « Pet Travel Scheme » (PETS) est un système qui permet aux chiens, chats et furets domestiques des pays de l'Union Européenne indemne de la rage d'entrer au Royaume Unis sans passer par la quarantaine (sous réserve de certaines conditions tels que la vaccination anti-rabique et le marquage par micropuce)

<sup>2</sup> Cette étude est traitée dans la partie II.2.1.2.1

mener à bien cette étude, les auteurs ont du récolter les données suivantes : l'inactivation du virus dans un environnement aqueux, la concentration du virus dans le lait, la dilution du virus dans les eaux, les modifications virales après traitement, la quantité moyenne d'eau consommée par vache et par jour, le nombre moyen de troupeau par prairie et enfin des données sur la dose-réponse de virus ingérée par les vaches. Ces informations ont permis de calculer la concentration virale dans les eaux usées et les eaux de surfaces, la dose totale ingérée via l'eau, la probabilité d'ingestion et d'inhalation du virus par les vaches... Les auteurs ont pu déterminer qu'un déversement illégal de lait contaminé dans des eaux usées constituent un risque élevé voir très élevé de contamination pour les fermes à une distance de 6 à 50 km le premier jour.

Un rapport de l'Institut nationale pour la santé publique et l'environnement allemand (RIVM, 2005), présente une appréciation quantitative du risque d'infection par le virus H5N1 de la grippe aviaire (et donc l'exposition) pour l'homme et les poulets par le virus H5N1 via l'eau de boisson au Pays Bas. Le scénario est le suivant : un canard infecté contamine des eaux de surface puis, une fraction des virus excrétés et présents dans l'eau résistent aux traitements. Il apparaît que le risque est fortement dépendant de la charge virale de l'eau, or les données sur ce paramètre étant incomplètes, une certaine incertitude plane sur les résultats. Les auteurs ont pu cependant déterminer, par une approche probabiliste, que le risque de contamination est plus élevé chez les poulets que chez l'homme. Cette différence est supposée être due à la barrière d'espèce.

### ***II.2.2.3- Appréciation de la transmission par l'intermédiaire de matériel biologique***

Certaines maladies animales peuvent se transmettre via du matériel biologique comme de la semence, des embryons ou de la viande. Modéliser et apprécier ce risque est donc intéressant.

Une étude de Suttmoller *et al.* (1997) a permis de déterminer le risque de transmission de la fièvre aphteuse, de la bluetongue et de la stomatite vésiculeuse à des vaches, par transfert d'embryons venant d'Afrique du Sud. Le scénario est divisé en trois phases : 1) contamination de l'embryon, cette étape dépendra des caractéristiques de la maladie, de la situation de la maladie dans le pays exportateur et, du statut sanitaire de la vache donatrice de l'embryon et de son troupeau; 2) traitement des embryons ; 3) surveillance après prélèvement de l'embryon chez le donneur et dans le troupeaux (détection possible de la maladie) et tests diagnostics sur des échantillons de fluides embryonnaires. Chacune des différentes phases ont été divisées en sept événements que nous ne détaillerons pas ici. La probabilité d'apparition de chacun de ces événements a été calculée. L'approche est probabiliste, les résultats sont présentés sous la forme de valeurs minimales, maximales et d'une « valeur la plus probable » comprise dans cet intervalle pour chacune des maladies.

La viande peut être considérée comme un vecteur de maladies. Le risque vient plus particulièrement de la viande importée illégalement issus d'animaux infectés ou de produits carnés (tels que les farines animales) car ces produits ne subissent pas de contrôles sanitaires. Wooldridge *et al* (2006) ont réalisé une appréciation dans le but d'estimer le risque relatif à ce type d'importation. Quatre maladies ont été considérées : la fièvre aphteuse, la peste porcine classique, la peste porcine africaine et la maladie vésiculeuse du porc. L'objectif de l'étude est de développer une méthode permettant l'élaboration d'un modèle d'appréciation relative à ce type de risque. Ainsi, afin d'apprécier l'introduction, les auteurs suggèrent de déterminer la quantité de viande importée illégalement, la prévalence de la maladie dans le pays d'origine et de récolter des données relatives à la présence, persistance des agents pathogènes dans les produits. L'étude présente un modèle décrivant les voies d'exposition possibles du cheptel à la fièvre aphteuse via de la viande contaminée.



#### **II.2.2.4- Appréciation de la transmission via la faune sauvage**

De nombreuses pathologies animales sont connues pour se transmettre des animaux sauvages aux animaux domestiques. L'appréciation du risque peut permettre dans ce cas de déterminer le risque de transmission de ce type de maladies.

Afin de déterminer la possibilité de transmission des influenza aviaires entre oiseaux sauvages et oiseaux domestiques dans la région des Dombes<sup>1</sup> en France Simon *et al.* (2006) ont étudié le risque de contact entre ces derniers. Les oiseaux sauvages sont des réservoirs des virus influenza aviaires A, ils sont donc susceptibles de transmettre le virus aux oiseaux domestiques soit par contact direct soit via l'environnement. Les auteurs ont caractérisé et calculé le risque de contact entre oiseaux sauvages et domestiques. Ce risque de contact (également appelé indice de contact) correspond à la probabilité que des oiseaux domestiques et des oiseaux sauvages entrent en contact soit directement soit via l'environnement. L'étude a permis d'une part de déterminer des facteurs de risques jouant un rôle sur l'indice de contact. Ces paramètres sont : la présence et la dispersion, l'environnement : pouvoir attracteur d'une zone pour l'avifaune sauvage et l'élevage (fermé/ ouvert...). A partir de l'évaluation de ces différents facteurs de risque, les auteurs ont pu déterminer les zones où le risque est le plus élevé.

Le virus de la fièvre aphteuse peut être transmis des animaux sauvages aux bovins domestiques. Une étude de P. Sutmoller *et al.*, en 2000 a eu pour but d'apprécier le risque de contamination entre les buffles d'une aire protégée du Zimbabwe et les bovins domestiques qui se trouvent autour de cette aire. Les buffles sont maintenus dans la zone de conservation grâce à une barrière électrique, ce qui limite le contact entre les buffles et les bovins domestiques et donc la transmission de maladies. Le but de l'appréciation menée par P. Sutmoller *et al.*, est d'évaluer l'efficacité de cette barrière. Cinq voies de contamination du cheptel domestique ont été déterminées : 1) à partir de buffle s'échappant de l'aire de conservation ; 2) à partir de bovins domestiques entrant dans la zone ; 3) par l'intermédiaire de petits ruminants sortant de la zone ; 4) par l'intermédiaire d'une antilope sautant par-dessus la barrière et 5) par l'intermédiaire d'aérosols. Pour chacune de ces voies de contamination la séquence d'événements (arbre de probabilité) aboutissant à l'apparition du risque a été mise en place. La probabilité de chaque événement est ensuite calculée. L'approche est probabiliste et utilise une simulation de Monte Carlo. Pour chacune des voies considérées la probabilité que des bovins soient infectés est considérée comme faible. Le risque le plus important viendrait d'une antilope sautant par-dessus la barrière électrique.

En appréciation quantitative, la modélisation est une étape très importante. En effet, l'élaboration de l'arbre de probabilité détermine la suite de l'étude. La mise en place d'une appréciation quantitative, contrairement à une appréciation qualitative, est difficile à mettre en place. En effet, elle nécessite des bonnes connaissances sur les théories de probabilité, et ne peut pas être entreprise sans y avoir été formé. En revanche, une appréciation quantitative peut être initiée facilement.

Nous terminerons en faisant une comparaison entre les appréciations qualitatives et quantitatives et en discutant de certains concepts relatifs à l'appréciation de risque que nous n'avons pas pu développer : son intérêt dans la mise en place de mesures de gestion des risques et l'intégration des facteurs spatiaux et temporels dans l'analyse.

---

<sup>1</sup> La région des Dombes a connu un foyer d'influenza aviaire H5N1 en février 2006 sur des oiseaux sauvages

### III- Discussion

#### III.1- Comparaison appréciation qualitative et quantitative

L'appréciation qualitative a pour avantage d'être relativement facile à mettre en œuvre et rapide. Elle ne nécessite pas des données très précises et peut être ainsi appliquée dans de nombreuses circonstances. Cependant, elle est peu précise et les résultats qui en découlent reflètent une certaine incertitude. L'approche quantitative, elle, est beaucoup plus précise et donne une probabilité d'apparition du risque. Cependant, elle nécessite beaucoup de temps à mettre en place, requiert une bonne qualité et quantité de données et une grande connaissance en probabilité.

Les deux approches sont complémentaires. En effet, une appréciation qualitative peut précéder une quantitative. La première approche donne un aperçu sur le risque et permettra de déterminer les données nécessaires et manquantes pour apprécier le risque quantitativement. Prenons l'exemple des études faites par de Vose *et al.* : en 2003 ils ont établi un modèle conceptuel sur les voies d'introduction de la peste porcine en UE et apprécié qualitativement le rôle de ces voies ; en 2004 l'appréciation a été quantitative ; puis en 2006 la sensibilité du modèle mis en place.

De plus les deux approches peuvent être combinée, dans des appréciations semi-quantitatives comme nous l'avons vu dans l'encadré 2. Cette combinaison permet de faire un compromis entre les appréciations qualitatives et quantitatives.

#### III.2- L'appréciation du risque : un outil pour la gestion des maladies animales

Nous avons vu tout au long du document à travers certaines études (Jones *et al.*, 2005 ; Hoara B.R. *et al.*, 2004), que l'appréciation du risque permet d'anticiper et ainsi d'assister des décisions politiques.

L'appréciation du risque est donc utilisée comme outil d'aide à la décision pour mettre en place par exemple des stratégies de lutte contre les maladies animales : tels que des restriction aux importations, des stratégies de vaccination... Afin d'illustrer cela nous pouvons prendre l'exemple d'une appréciation quantitative établie en Italie (Giovannini *et al.*, 2004). Cette étude a eu pour but d'aider à l'établissement d'une stratégie nationale de vaccination contre la bluetongue<sup>1</sup>. L'appréciation a eu pour but de répondre à deux questions :

- 1- Quelle est la probabilité de dissémination du virus de la bluetongue depuis la zone infectée du sud de l'Italie sans la mise en place d'un programme de vaccination ?

Afin de répondre à cette première question, la probabilité d'infection d'une région du sud de l'Italie, Calabre, à partir de la Sardaigne (première région touchée et avec le plus de cas déclaré) a été calculée. Les variables utilisées pour alimenter le modèle sont la densité de population de ruminant et le niveau moyen de la mer (variable affectant le niveau de stagnation des eaux, les conditions climatiques : paramètres influant sur la biologie du vecteur). Une première appréciation qualitative a estimé que la probabilité de dissémination du virus est proche de 100%. Une appréciation quantitative, établie selon une approche déterministe, a montré que la maladie pouvait se diffuser en 4-6 mois. Cette estimation a été confirmée par ce qui a été observé lors des événements de 2000-2001, en effet, la maladie est apparue en août 2001 dans une région voisine de celle où l'infection est apparue en 2000 (notons que dans cette étude il est intéressant de voir que les auteurs s'attachent à valider leur modèle).

---

<sup>1</sup> La maladie est apparue pour la première fois en Italie en août 2000

2- Quels sont les effets d'une vaccination sur la dissémination et l'éradication de la maladie dans une région touchée ?

Afin de répondre à cette seconde question, sept scénarios ont été considérés : pas de vaccination, vaccination de 75 %, 80 %, 85 % de la population de ruminants et vaccination de 75 %, 80 %, 85 % de la population de petits ruminants uniquement.

A partir de ces scénarios les auteurs ont simulé l'appariation de cas secondaires un mois après l'apparition de premiers cas de la maladie. Les résultats ont montré que si 80 % de la population est vaccinée, il y a diminution du nombre de nouveaux cas et par conséquent extinction de la maladie dans la population. En revanche, si 75 % de la population est vaccinée la probabilité d'éradication de la maladie est plus faible. Dans le cas où seuls les petits ruminants sont vaccinés la probabilité d'avoir une infection secondaire augmente.

Cette étude a donc permis aux auteurs de comparer différentes stratégies de vaccination et ceci afin d'assister les décideurs dans leur stratégie de lutte.

Ainsi, les résultats des appréciations de risques permettent aux décideurs de mettre en place des politiques de lutte appropriée contre les maladies animales.

### III. 3- La spatialisation et la temporalisation du risque

Nous n'avons pas développé dans ce document l'importance de la spatialisation et de la temporalisation du risque. Or ces deux composantes sont très utilisées en analyse de risque. Nous avons pu constater dans certaines études présentées que les risques n'étaient pas les mêmes en fonction des zones géographiques, notamment dans le cas des maladies à transmission vectorielle. En effet, la présence du vecteur dans certaines zones notamment les zones humides fait intervenir le facteur spatial. De plus, les vecteurs ne sont souvent présents qu'à une certaine période de l'année, le facteur temporel rentre donc également en jeu.

Un autre exemple est celui des appréciations qui évaluent le risque relatif à l'introduction des influenzas aviaires par l'intermédiaire des oiseaux migrateurs. En effet, le risque apparaît comme plus important lors des périodes de migration et dans les zones où les oiseaux séjournent à ces périodes (zones humides). Ainsi, Simon *et al.*, en 2006, ont pu déterminer des zones à risques plus élevés de contact entre oiseaux sauvages et domestiques dans la région des Dombes. Introduire des informations spatiales et temporelles dans les analyses de risques permet d'optimiser les décisions de gestion et ainsi permettre aux décideurs d'intervenir aux moments et aux endroits les plus à risque.

## Conclusion

L'appréciation du risque est une étape essentielle de l'analyse de risque. C'est sur ses résultats que se basent les décisions de gestion. Elle permet la compréhension des mécanismes pouvant aboutir à l'apparition des risques. Elle permet de modéliser le risque, et de lui associer une probabilité d'apparition qu'elle soit qualitative ou quantitative. Nous avons notamment vu que la modélisation est très importante au sein de la démarche.

L'analyse de risque est une méthode de plus en plus utilisée en épidémiologie. De plus, d'autres méthodes dérivées de l'analyse de risque se développent actuellement telle que l'évaluation quantitative des systèmes de surveillance. Cette méthode a pour but d'estimer la sensibilité des systèmes de surveillance à travers d'arbres de scénario proches de ceux utilisés en analyse de risque.

## Références

AFSSA, 2004. Fièvre Q :Rapport sur l'évaluation des risques pour la santé publique et des outils de gestion des risques en élevage de ruminants.

AFSSET, 2007. Risques sanitaires liés à la présence de virus Influenza aviaires dans les eaux : Évaluation des risques pour la population générale et les travailleurs liés à la présence de virus Influenza aviaires hautement pathogènes de sous-type H5N1 ou d'un virus pandémique dérivé de ce sous-type dans divers effluents aqueux et eaux de surface.

AHL A.S, ACREE J.A., GIPSON P.S., MC DOWELL R.M., MILLER L., MC ELVAINE M.D.,1993. Standardization of nomenclature for animal health risk analysis, *Revue scientifique et technique de l'OIE*, **12** (4): 1045-1053

AQIS, 2000. Import Risk Analysis Paper for Live Crocodilians and their Eggs. [On line] [ 05/01/2007] <URL: <http://www.daffa.gov.au/ba/ira/current-animal>>

CIDC- Lelystad, 2003. ELBERS A.R.W., VAN RIJN P.A., VAN ROOIJ E.M.A. Preliminary Risk Analysis of introduction of Bluetongue virus and West Nile virus into the Netherlands. CIDC-Report 2003-02

CODEX ALIMENTARIUS, 1999. Principes et directives régissant la conduite de l'évaluation des risques microbiologiques. CAC/GL 30 - 1999

DEFRA, 2006. Animal health and welfare : International disease monitoring - Qualitative risk assessments. [On line] [ 21/12/2006]  
<URL : <http://www.defra.gov.uk/animalh/diseases/monitoring/riskassess.htm>>

DE VOS C.J., SAATKAMP H.W HUIRNE., R.B.M., DIJKHUIZEN A.A., 2003. The risk of introduction of classical swine fever virus at regional level in the EU : a conceptual framework, *Revue scientifique et technique de l'OIE*, **22** (3), 795-810

DE VOS C.J., SAATKAMP H.W., NIELEN M., HUIRNE R.B.M., 2004. Scenario tree modeling to analyse the probability of classical swine fever virus introduction into member states of European Union. *Risk Analysis*, **24** (1)

DE VOS C.J., SAATKAMP H.W., NIELEN M., HUIRNE R.B.M (2006) Sensitivity analysis to evaluate the impact of uncertain factors in a scenario tree model for classical swine fever introduction. *Risk Analysis*, **26** (5)

DUFOUR B. MOUTOU F AND HATTENBERGER, 2003. Qualitative and collegial risk analysis method: an example : bat rabies transmission to man in France. In *Proceeding of the 10<sup>th</sup> International Symposium on Veterinary Epidemiology and Economics*

DUFOUR B., POUILLOT R., 2002. Approche qualitative du risque. . *Epidémiologie et santé animale*, numéro spécial : analyse de risque, Association pour l'Etude de l'Epidémiologie des Maladies Animales (AEEMA), **41** : 35-43



EFSA, 2005. Opinion of the Scientific Panel on Animal Health and Welfare on a request from the Commission related to :The Risk of a Rift Valley Fever Incursion and its Persistence within the Community". Le Journal de l'EFSA **238**, 1-128. [On line] [ 28/03/2007] <URL: <http://www.efsa.europa.eu/fr.html>> EFSA-Q-2004-050.

EFSA, 2006. Risk Assessment on Foot and Mouth Disease: Part 1. Risk assessment assessing the risk of foot and mouth disease introduction into the EU from developing countries. Le Journal de l'EFSA **313**: 1- 222. [On line] [13/02/2007] <URL: <http://www.efsa.europa.eu/fr.html>> EFSA-Q-2004-113.

EFSA, 2006. Scientific Statement on Migratory birds and their possible role in the spread of highly pathogenic avian influenza [On line] [03/03/2007] <URL: <http://www.efsa.europa.eu/fr.html>> EFSA-Q-2005-243

FLI, 2005. Qualitative risk assessment of the introduction of avian influenza virus to Germany: Outbreaks caused by the highly pathogenic avian influenza (HPAI) virus in Turkey, Romania and Russia as well as influenza H5 antibody detection in Greece.

GIOVANNINI A., MACDIARMID S., CALISTRI P., CONTE A., SAVINI L., NANNINI D., WEBER S., 2004. The use of risk assessment to decide the control strategy for Bluetongue in italian populations. Risk analysis, 24 (6): 1737-1753

HAUSER R., BREIDENBACH E., SCHWERMER H., STÄRK K., 2006. Analyse des risques d'introduction de la grippe aviaire dans la population suisse d'oiseaux détenus en captivité. *Epidémiologie et santé animale*, **50** : 45-49.

HENDRIKX P., DUFOUR B., TULASNE JJ., KONDOLAS G., 2001. Analyse qualitative du risque d'épizootie de peste bovine en republique centrafricaine a partir du Tchad et du Soudan. *Epidémiologie et santé animale*, **40**, 83-94

HOARA B.R., CARPENTERA T.E., SINGERA R.S., GARDNER I.A., 2004. Probability of introduction of exotic strains of bluetongue virus into the US and into California through importation of infected cattle. *Preventive Veterinary Medicine* **66** : 79-91

JONES R.D., KELLY L., ENGLAND T., MACMILLAN A., WOOLDRIDGE M., 2004. A quantitative risk assessment for the importation of brucellosis-infected breeding cattle into Great Britain from selected European countries. *Preventive Veterinary Medicine*, **63** : 51-61

JONES R.D., KELLY L., FOOKS A.R., WOOLDRIDGE M., 2005. Quantitative Risk Assessment of Rabies Entering Great Britain from North America via Cats and Dogs JONES, *Risk Analysis*, **25** (3)

LEIGHTON F.A., 2002. Health risk assessment of the translocation of wild animals. *Revue Scientifique et Technique de l'OIE*, **21** (1) 187-195

LOPEZ E., DEKKER A., NIELEN M., 2005, Risk assessment on Foot-and-Mouth Disease (FMD) in pork from vaccinated animals. Rapport de la Session of the Research Group of the Standing Technical Committee of the European Commission For The Control of Foot-And-Mouth Disease (EUFMD) (Annexe 25)

MAF, 2006. Nouvelle Zélande. Biosecurity New Zealand Risk Analysis Procedures. Version 1. [On line] [ 05/01/2007] <URL: <http://www.biosecurity.govt.nz/pest-and-disease-response/surveillance-risk-response-and-management/risk-analysis>>

MOUTOU F., DUFOUR B., IVANOV Y., 2001. A qualitative assessment of the risk of introducing foot and mouth disease into Russia and Europe from Georgia, Armenia and Azerbaijan. *Revue Scientifique et Technique de l'OIE* , **20** (3), 723-730

OIE, 2006. Code sanitaire pour les animaux terrestres. [On line] [20/02/2007] <URL : [http://www.oie.int/fr/normes/mcode/fr\\_sommaire.htm](http://www.oie.int/fr/normes/mcode/fr_sommaire.htm)>

RIVM. SCHIJVEN J.F, TEUNIS P.F.M, DE RODA HUSMAN A.M, 2005. Quantitative risk assessment of avian influenza virus infection via water. RIVM Report 703719012/2005

ROGY C., 2002. Contexte de l'utilisation de l'analyse de risque: national, communautaire, international. *Epidémiologie et santé animale*, numéro spécial : analyse de risque, Association pour l'Etude de l'Epidémiologie des Maladies Animales (AEEMA), **41** :19-25

SCHIJVEN J.F., RIJS G.B.J., DE RODA HUSMAN A.M., 2005. Quantitative risk assessment of FMD virus transmission via water. *Risk Analysis*, **25** (1): 13-21

SIMON A., DOCTRINAL D., BICOUT D. J., 2006. Risque de contact entre oiseaux sauvages et oiseaux domestiques dans la région de la Dombes, France *Epidémiologie et santé animale*, **50** : 27-39

SUTMOLLER P., THOMSON G.R., HARGREAVES S.K., FOGGIN C. M., ANDERSON E.C., 2000. The foot-and mouth disease risk posed by african buffalo within wildlife conservancies to the cattle industry of Zimbabwe. *Preventive veterinary Medicine*, **44** :43-60

SUTMOLLER P., WRATHALL A.E., 1997. A quantitative assessment of the risk of transmission of foot and mouth disease, bluetongue and vesicular stomatitis by embryo transfer in cattle. *Preventive veterinary Medicine*, **32** : 111-132

TOMA B., 2002. Appréciation quantitative du risque : Notions générales., *Epidémiologie et santé animale*, numéro spécial : analyse de risque, Association pour l'Etude de l'Epidémiologie des Maladies Animales (AEEMA), **41** : 53-63

TOMA B., DUFOUR B., SANAA M., 2002. Généralités sur l'analyse de risque. *Epidémiologie et santé animale*, numéro spécial : analyse de risque, Association pour l'Etude de l'Epidémiologie des Maladies Animales (AEEMA), **41** : 5-16

TOMA B., POUILLOT R., SANAA M., 2002. Appréciation quantitative du risque : exemple d'approche déterministe *Epidémiologie et santé animale*, numéro spécial : analyse de risque, Association pour l'Etude de l'Epidémiologie des Maladies Animales (AEEMA), **41** : 85-94

POUILLOT R., SANAA M., DUFOUR B., 2002. Principes de l'appréciation quantitative probabiliste des risques. *Epidémiologie et santé animale*, numéro spécial : analyse de risque, Association pour l'Etude de l'Epidémiologie des Maladies Animales (AEEMA), **41** : 95-112

OLIVE M-M, 2007. L'appréciation du risque en santé animale. Cirad/Université Montpellier II. Année 2006-2007, 33p. (Synthèse bibliographique Master 2 PARC)

VOSE D. *et al.* 2001. Antimicrobial resistance : Risk analysis methodology for the potential impact on public health of antimicrobial resistant bacteria of animal origin. *Revue scientifique et technique de l'OIE*, , **20** (3): 811- 827.

WIELAND B., 2006. Introduction à l'analyse de risque. Congrès Hammamet juin 2006.

WOOLDRIDGE M., HARTNETT E., COX A., SEAMAN M., 2006. Quantitative risk assessment case study: smuggled meats as disease vectors. *Revue scientifique et technique de l'OIE*, **25** (1) : 105-117

ZEPEDA SEIN C. Méthode d'évaluation des risques zoonosés lors des échanges internationaux. In *Séminaire sur la sécurité zoonosée des échanges dans les Caraïbes* (ed. OIE), 1998, p 2-17

## **Table des annexes**

<b>Annexe 1</b> : Tableau de combinaison des qualificatifs du risque (Zepeda Sein C., 1998).....	32
<b>Annexe 2</b> : Tableau de combinaison des qualificatifs du risque (AFSSA, 2004).....	32
<b>Annexe 3</b> : Etapes de la procédure appliquée procédure d'analyse de risque aux importation en Nouvelle-Zélande .....	33
<b>Annexe 4</b> : Méthode d'appréciation du risque sanitaire lié au déplacement des animaux sauvages (Leighton F.A, 2002).....	34
<b>Annexe 5</b> : Qualification de l'incertitude (EFSA, 2006).....	34

## Annexes

**Annexe 1** : Tableau de combinaison des qualificatifs du risque (Zepeda Sein C., 1998)

	Probabilité de l'évènement 1			
	Négligeable	Faible	Modérée	Elevée
Probabilité de l'évènement 2				
Négligeable	Négligeable	Faible	Faible	Modéré
Faible	Faible	Faible	Modéré	Modéré
Modérée	Faible	Modéré	Modéré	Elevée
Elevée	Modéré	Modéré	Elevée	Elevée

**Annexe 2** : Tableau de combinaison des qualificatifs du risque (AFSSA, 2004)

	Nu	Nu à N	N	N à F	F	F à M	M	M à E	E
Nu	Nu	Nu	Nu	Nu	Nu	Nu	Nu	Nu	Nu
Nu à N	Nu	Nu à N	Nu à N	Nu à N	Nu à N	Nu à N	N	N	N
N	Nu	Nu à N	Nu à N	Nu à N	Nu à N	N	N	N	N à F
N à F	Nu	Nu à N	Nu à N	Nu à N	N	N	N	N à F	F
F	Nu	Nu à N	Nu à N	N	N	N	N à F	F	F
F à M	Nu	Nu à N	N	N	N	N à F	F	F	F
M	Nu	N	N	N	N à F	F	F	F	F à M
M à E	Nu	N	N	N à F	F	F	F	F à M	M
E	Nu	N	N à F	F	F	F	F à M	M	M

### Annexe 3

#### **Etapas de la procédure appliquée procédure d'analyse de risque aux importation en Nouvelle-Zélande :**

- **Appréciation de l'émission** est appelée appréciation d'entrée. La démarche préconisée est d'abord (1) de décrire la séquence d'évènement et les mécanismes biologiques nécessaires à l'infection, à la contamination d'un produit ceci correspond à décrire la séquence d'évènements aboutissant à une infection puis (2) d'apprécier la probabilité que ce produit infecté soit importé dans le pays. Tous les facteurs pouvant être considérés dans le cas de l'appréciation d'entrée sont aussi présentés dans ce document. Les facteurs que l'on peut retenir pour les importations d'animaux et de produits d'origine animales sont : le mode de transmission, la virulence et la stabilité de l'agent pathogène, la saisonnalité, l'incidence, la prévalence du danger dans le pays d'origine, la qualité des services vétérinaires dans le pays exportateur, la distribution géographique du danger dans le pays exportateur, le volume et la fréquence des échanges, durée et condition de transport de la marchandise.
- **Appréciation de l'exposition et de l'établissement.** La démarche est la suivante : (1) décrire les mécanismes biologiques nécessaires à l'établissement du danger, (2) décrire les mécanismes qui aboutiront à l'exposition de l'environnement ou d'autres récepteurs potentiels du danger (animaux par exemple), ceci correspond donc à la séquence d'évènements aboutissant à l'exposition au danger De la même façon que pour l'appréciation de l'entrée, les facteurs pouvant jouer un rôle dans cette étape ont été listé. Nous pouvons retenir : le mode de transmission, la biologie de l'agent pathogène (la virulence, la stabilité...), la présence des hôtes potentiels (hôtes intermédiaires, principaux, vecteurs).
- **Appréciation des conséquences.** La démarche est la suivante : (1) identifier la dissémination du virus, (2) identifier les conséquences économiques, biologiques, environnementales et les conséquences sur la santé humaine associées à l'entrée, l'établissement et l'exposition au danger, (3) estimer ces conséquences. Les facteurs que l'on peut retenir pour apprécier ces conséquences sont : les conséquences directes sur la production du pays, sur la santé humaine, mais aussi les conséquences indirectes telles que les pertes économiques dues aux coûts de contrôle et d'éradication, la surveillance.
- **Estimation du risque :** intégration des appréciation afin d'estimer le risque.



#### Annexe 4

##### **Méthode d'appréciation du risque sanitaire lié au déplacement des animaux sauvages (Leighton F.A, 2002)**

Six étapes sont présentées pour mettre en place ce type d'appréciation :

- **Plan de déplacement** : décrivant en détails le but du déplacement des animaux, l'espèce animale concernée, l'âge, le sexe, la date de déplacement, l'écosystème de destination....
- **Identification du danger** : donnant une liste de tous les dangers sanitaires potentiels associés au déplacement. On en distingue deux types : les maladies potentiellement portées par les animaux transportés mais aussi les dangers présents dans l'écosystème de destination qui pourraient les affecter (maladies, vaccins vivants, pratiques agricole, comme utilisation de pesticides pour les cultures...). Se suivant par une sélection des dangers les plus importants qui feront l'objet de l'appréciation
- **Appréciation des risques** : appréciant les risques relatifs à chaque dangers sélectionnés. Cette appréciation se compose ensuite des étapes habituelle des l'appréciation du risque pour les maladies que pourraient porter les animaux transportés. Pour le deuxième types de danger identifier (danger pouvant affecter les animaux transporter dans l'écosystème de destination) : on distingue une appréciation de l'exposition au danger et les importances économiques et écologiques de cette exposition.
- Appréciation de l'ensemble des risque sanitaires : combinant tous les résultats des appréciation de l'étape précédente
- Appréciation de dangers et risque associés : identifiant des dangers qui ne sont pas directement liés à la santé (exemple : altération de la végétation, prédation...)
- Réduction du risque : identifiant les méthodes de réduction du risque

#### Annexe 5 : Qualification de l'incertitude (EFSA, 2006)

<b>Qualification de l'incertitude</b>	<b>Interprétation</b>
Faible	Les données disponibles sont consistantes et complètes. Les références sont multiples, et les auteurs arrivent aux mêmes conclusions
Moyenne	Il y a quelques données disponibles mais incomplètes, le nombre de référence est faible et les conclusions varient selon les auteurs
Elevée	Les données sont rares ou n'existent pas. Il n'y a pas de références, elles proviennent de rapports non publiés, d'observations ou de communications personnelles. Les conclusions varient considérablement en fonction des auteurs.